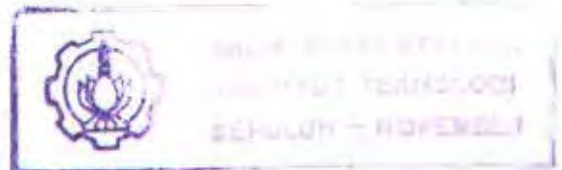


22265/H/05



TUGAS AKHIR
(KS 1701)

ANALISA KEAUSAN KOMPONEN MOTOR DIESEL AKIBAT
PEMAKAIAN MINYAK PELUMAS BEKAS
DESA WERU PACIRAN LAMONGAN



RSSP
623.872 34
KR4
9-1
2004

Disusun Oleh :

KHUSNUL KHULUQI
NRP. 4299 100 043

| PERPUSTAKAAN ITS | |
|---------------------|----------|
| Tgl. Terima | 9-8-2004 |
| Terima Dari | r/ |
| No. Agenda Prp. | 220608 |

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

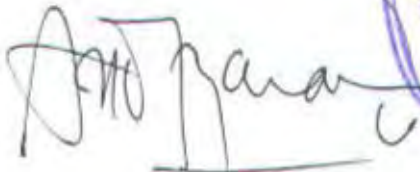
**ANALISA KEAUSAN KOMPONEN MOTOR DIESEL
AKIBAT PEMAKAIAN MINYAK PELUMAS BEKAS
DESA WERU PACIRAN LAMONGAN**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Surabaya, Juli 2004

Mengetahui/Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Ir. Indrajaya Gerianto, MSc.
NIP. 131 128 593

Dosen Pembimbing II



Sutopo P Fitri, ST.
NIP. 132 300 745

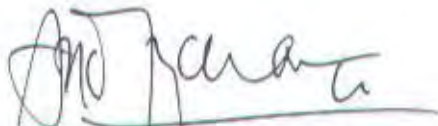
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISA KEAUSAN KOMPONEN MOTOR DIESEL AKIBAT PEMAKAIAN MINYAK PELUMAS BEKAS DESA WERU PACIRAN LAMONGAN

Tugas Akhir ini telah diajukan pada Presentasi Akhir (P3) Tugas Akhir Periode
Semester genap Tahun Ajaran 2003/2004 tanggal 21 Juli 2004

Mengetahui Dosen Penguji Presentasi Akhir (P3) :

Dosen Penguji 1,



Ir. Indrajaya Gerianto, MSc.
NIP. 131 128 593

Dosen Penguji 2,



Ir. Aguk Zuhdi MF, MEng
NIP. 131 646 637

Dosen Penguji 3,

Ir. Asianto
NIP.

Dosen Penguji 4,

Ir. Tony Bambang M.
NIP. 131 632 209

Dosen Penguji 5,



Ir. Alam Baheramsyah M.Sc
NIP. 131 128 593

Dosen Penguji 6,

Sutopo P Fitri, ST.
NIP. 132 300 745



SURAT KEPUTUSAN Pengerjaan Tugas Akhir

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS, maka perlu ditertibkan Surat Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir yang memberikan tugas kepada mahasiswa tersebut dibawah untuk mengerjakan Tugas sesuai judul dan lingkup bahasan yang ditentukan.

Nama Mahasiswa : KHUSNUL KHULUQI
NRP : 4299 100 043

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Indrajaya Gerianto, MSc.
NIP. 131 128 593
2. Sutopo P Fitri ST.
NIP. 132 300 745

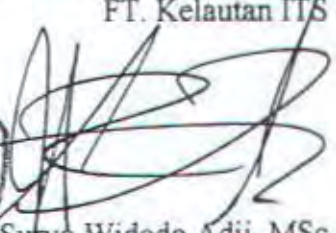
Tanggal Diberikan Tugas : Pebruari 2004

Tanggal Diselesaikan Tugas :

Judul Tugas Akhir : ANALISA KEAUSAN KOMPONEN MOTOR
DIESEL AKIBAT PEMAKAIAN MINYAK
PELUMAS BEKAS DESA WERU PACIRAN
LAMONGAN

Surabaya, Pebruari 2004
Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
FT. Kelautan ITS




Ir. Survo Widodo Adji, MSc
NIP. 131 879 390

Yang menerima tugas:
Mahasiswa

Khusnul Khukuqi

Dosen Pembimbing I

Ir. Indrajaya Gerianto, MSc

Dosen Pembimbing II

Sutopo P Fitri, ST

ABSTRACT

No matter good the qualities of a lubricant for lubricating an engine is wearing always take place during the operation of the engine. Which of the components are worn not biggest. The components are worn can always be determined by analysing the sample used oils after by knowing the metals contained in the components from test in the laboratory.

This paper will discuss level of worn at the components engine, used new oil Mesran B 40 with used oil from Weru, after running 120 hours. level of worn also see from sources parts the components engine. This paper also will discuss level of amplitude vibration from used new oils and old oils.

ABSTRAK

Bagaimanapun baiknya mutu minyak pelumas yang digunakan untuk melumasi mesin, keausan komponen mesin selama operasi akan tetap terjadi, meskipun keausan yang terjadi tidak terlalu besar. Keausan komponen ini dapat dianalisa dengan cara mengambil sample minyak pelumas yang dipakai setelah terlebih dahulu diketahui hasil uji lab terhadap endapan dengan karakteristik dari minyak pelumas tersebut.

Pada karya tulis ini, akan diperbandingkan besarnya keausan pada beberapa komponen mesin diesel dengan menggunakan minyak pelumas baru Pertamina Mesran B 40 dengan minyak pelumas bekas yang ada di desa Weru, masing-masing setelah di running selama 120 jam. Disamping besarnya keausan yang terjadi, akan ditunjukkan pula bagian-bagian komponen mesin tersebut yang mengalami keausan. Dalam karya tulis ini juga ditunjukkan perbedaan besarnya amplitudo getaran mesin yang diakibatkan oleh penggunaan kedua jenis minyak pelumas tersebut diatas.

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan syukur dan alhamdulillah kehadiran Allah SWT, dan Sholawat kepada Rasulullah SAW, serta salam kepada para nabi dan malaikat Allah akhirnya saya dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **Analisa Keausan Komponen Motor Diesel Akibat Pemakaian Minyak Pelumas Bekas Desa Weru Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan.**

Laporan ini saya buat dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan dan mendapat gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis berharap laporan penelitian ini dapat memberikan khasanah keilmuan pada masyarakat ilmiah Jurusan Teknik Sistem Perkapalan dan masyarakat luas secara umum, terutama dalam pemakaian minyak pelumas bekas treatment. Meskipun dalam penelitian ini masih banyak kekurangan baik dari segi bobot penelitian maupun dalam penulisan laporan. Saya berharap banyak masukan dan kritik dari semua pihak terhadap laporan ini, sehingga dapat menjadi perbaikan penelitian dan proses belajar saya selanjutnya.

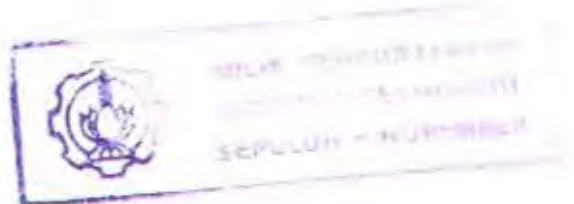
Penyelesaian pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini tentunya tidak terlepas dari bantuan semua pihak yang telah memberikan bimbingan, kesempatan, sarana dan prasarana serta bantuan moril kepada penulis selama proses pencarian data maupun pengerjaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir. Karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Indrajaya Gerianto, M.Sc., selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir yang senantiasa memberikan dukungan penuh kepada penulis dan membantu penulis dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Sutopo P Fitri, ST, M.Sc., selaku dosen pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah memberikan bantuan berupa waktu dan pikiran kepada penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
3. Ir. Saut Gurning, MSc, yang telah memberikan fasilitas lab sehingga tugas akhir ini bisa terselesaikan.
4. Ir. Suryo Widodo Adji, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS atas bimbingan dan kesempatan yang senantiasa diberikan kepada penulis.
5. Ir. Aguk Zuhdi MF, M.Eng., selaku dosen wali sekaligus “Bapak” di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan atas arahan, bimbingan dan kerjasamanya dalam rencana studi selama masa perkuliahan.
6. Bapak-bapak tim dosen penguji Tugas Akhir, atas perhatian dan kerjasamanya dalam ujian Tugas Akhir.
7. Bapak-bapak dosen dan karyawan di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan atas bimbingan dan kerjasamanya selama proses perkuliahan.
8. Bapakku tercinta, sekalipun “*panjenengan*” sudah tiada, tapi amanahmu tidak akan pernah kulupakan. Buat ibuku” tersayang “serta keluarga besar (“Mbakyu” dan “Mas Iparku”)di Kr. Tumpuk Gresik, yang senantiasa memberikan bantuan dan dorongan baik secara langsung maupun lewat lantunan doa serta memberikan pengorbanan dan kasih sayang kepada penulis.

9. My girl friend "*Farida Hikmah*" yang selalu memberikan semangat untuk terus berjuang mengapai cita dibangku perkuliahan selama ini.
10. Adikku Irham, Yayuk, Atiq, Zaki dan keponakan-keponakanku yang telah menghiburku disaat-saat aku pulang kerumah.
11. Rekan – rekan Nagathel ME '99 yang ada di kampus perjuangan Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS (ayo sing sregep sinau n lulus bareng-bareng).
12. EdSant, Ady, Tyok, Kipenk, Tewel"gendut", Hendri, Aan, Hery, Dipo, Yasin, Gendon dan lain-lain yang telah membantu dalam proses pencarian data.
13. Anak – anak gang makam B 10 atas dukungan, dorongan, hiburan, semangat dan kehebohannya selama tiga tahun terakhir ini (gaul n funky terus n ojo lali shalat ok).
14. Semua pihak yang belum tersebut, yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini

Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya kepada kami sendiri dan bagi para pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT selalu memberikan jalan menuju kebaikan kepada kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Surabaya, Juli 2004

Khusnul Khuluqi

DAFTAR ISI

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Lembaran judul | i |
| Lembaran Pengesahan | ii |
| Abstrak | iii |
| Kata Pengantar | iv |
| Daftar isi | v |
| Daftar Lampiran | vi |
| BAB I PENDAHULUAN | I-1 |
| 1.1.Latar Belakang. | I-1 |
| 1.2.Perumusan Masalah. | I-2 |
| 1.3.Batasan Masalah. | I-3 |
| 1.4.Tujuan Penulisan. | I-4 |
| 1.5.Manfaat Tugas Akhir. | I-4 |
| 1.6.Metodologi Tugas akhir | I-5 |
| 1.7.Sistematika Penulisan. | I-6 |
| BAB II DASAR TEORI | II-1 |
| 2.1. Sistem Pelumasan | II-1 |
| 2.1.1. Persyaratan Minyak Pelumas | II-1 |
| 2.1.2. Fungsi Minyak Pelumas | II-2 |
| 2.2. Pelumasan Motor Diesel | II-6 |
| 2.2.1. Pelumasan Silinder | II-8 |

| | |
|--|--------------|
| 2.3. Keausan dan Pembentukan Endapan Pada Motor Diesel | II-9 |
| 2.4. Bagian Motor Diesel Yang Dilumasi | II-10 |
| 2.5. Pengaruh Pelumas Terhadap Kinerja Motor Diesel | II-12 |
| 2.6. Karakteristik Minyak Pelumas Bekas | II-13 |
| 2.7. Bahan Komponen Mesin | II-14 |
| 2.8. Batas Keausan Komponen | II-18 |
| 2.9. Analisa Matematis | II-18 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | III-1 |
| 3.1. Metodologi Penelitian | III-1 |
| 3.2. Minyak Pelumas dan Peralatan | III-3 |
| 3.2.1. Minyak Pelumas Baru | III-3 |
| 3.2.2. Minyak Pelumas Bekas (Treatment) | III-4 |
| 3.2.3. Spesifikasi Motor Diesel dan Generator | III-5 |
| 3.3. Pengujian Laboratorium | III-7 |
| 3.4. Data Hasil Pengujian | III-7 |
| 3.4.1. Pengujian Pada Motor Diesel | III-7 |
| 3.4.2. Hasil Pengujian Laboratorium Kandungan Logam Minyak Pelumas | III-9 |
| BAB IV ANALISA DATA PENELITIAN | VI-1 |
| 4.1. Analisa Hasil Pengujian Minyak Pelumas | VI-1 |
| 4.1.1. Kadar Air | IV-1 |
| 4.1.2. Kandungan Logam | IV-3 |
| 4.1.2.1. Logam Fe | IV-3 |
| 4.1.2.2. Logam Al | IV-5 |

| | |
|--|-------|
| 4.1.2.3. Logam Cr | IV-6 |
| 4.1.2.4. Logam Cu | IV-7 |
| 4.1.2.5. Logam Ni | IV-8 |
| 4.1.2.6. Logam Co | IV-9 |
| 4.1.2.7. Logam Zn | IV-10 |
| 4.1.2.8. Viskositas Minyak Pelumas | IV-12 |
| 4.1.2.9. Total Base Number (TBN) | IV-14 |
| 4.2. Analisa Hasil Pengujian Tingkat Keausan Komponen Motor Diesel | IV-15 |
| 4.2.1. Rumah Torak | IV-18 |
| 4.2.2. Torak | IV-20 |
| 4.2.3. Bantalan Jalan | IV-21 |
| 4.2.3. Cincin Torak | IV-22 |
| 4.3. Hasil Pengujian Getaran Pada Motor Diesel | IV-25 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | V-1 |
| 5.1. Kesimpulan | V-1 |
| 5.2. Saran | V-2 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Kandungan logam dalam minyak pelumas

LAMPIRAN B

Hasil pengukuran komponen motor diesel

LAMPIRAN C

Hasil pengukuran getaran motor diesel

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Krisis ekonomi yang melanda bangsa Indonesia pada tahun 1999 sampai sekarang mengakibatkan berbagai dampak bagi kehidupan masyarakat, khususnya masyarakat nelayan di desa Weru Paciran Lamongan. Dampak dari krisis ekonomi tersebut secara langsung akan mengakibatkan kenaikan harga-harga barang. Kenaikan harga barang tersebut, akan turut mempengaruhi peningkatan biaya operasional nelayan dalam melakukan operasi penangkapan ikan. Akibat yang paling terasa adalah kenaikan harga bahan bakar dan minyak pelumas, yang merupakan kebutuhan pokok bagi nelayan dalam menjalankan motor penggerak perahu mereka.

Masyarakat nelayan desa Weru, pesisir utara kabupaten Lamongan sebagian besar menggunakan motor diesel kecil dengan daya 16 PK sampai 20 PK sebagai motor penggerak utama kapal dalam melakukan operasi penangkapan ikan. Motor diesel yang dipakai kebanyakan menggunakan Merk Don Feng, karena harganya relatif lebih murah bila dibandingkan dengan merk yang lain. Berdasarkan kondisi tersebut diatas, terkadang biaya operasional dirasakan sangatlah besar dibandingkan dengan penghasilan yang mereka peroleh, biaya operasional pembelian minyak diambilkan dari hasil penjualan ikan. Untuk menekan besarnya biaya operasional tersebut, sebagian besar nelayan disana mencampur minyak tanah dengan oli sebagai bahan bakar pengganti solar dan mengkonsumsi minyak

pelumas bekas sebagai pelumas motor diesel mereka. Pelumas bekas tersebut mereka beli dengan harga Rp. 1500.- per liter. Pemakaian pelumas ini dilakukan dengan penggantian pelumas secara berkala setiap 120 jam atau 15 hari sekali.

Nelayan memaksa motor penggerak beroperasi dengan menggunakan minyak pelumas bekas yang telah di treatment hanya dengan dasar pertimbangan untuk menekan biaya operasional tanpa memperhatikan akibat yang akan ditimbulkan pada motor penggerak kapal nelayan, terutama pengaruhnya terhadap tingkat keausan komponen dari motor diesel tersebut.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Minyak pelumas baru yang dipakai dalam percobaan ini diambil dari Pertamina, minyak pelumas yang di pakai adalah Mesran B Series 40. Sedangkan minyak pelumas bekas yang dipakai adalah minyak pelumas yang berasal dari bengkel-bengkel mobil atau motor disekitar desa tersebut yang dicampur langsung tanpa memperhatikan apakah berasal dari motor diesel atau motor bensin.

Dari data pada lampiran A diketahui bahwa viskositas, sendimen, TAN dan TBN kandungan minyak pelumas bekas tidak sama dengan pelumas baru, sehingga dikhawatirkan fungsi dari minyak pelumas sudah tidak layak pakai. Untuk itu diperlukan kajian teknis pemakaian minyak pelumas bekas sebagai pelumas motor diesel. Agar diketahui sampai sejauh mana minyak pelumas bekas dapat menurunkan umur pakai dari komponen motor dan pengaruhnya terhadap tingkat getaran, yang berakibat meningkatkan kuantitas/frekwensi kerusakan dan biaya perbaikan motor.

Berdasarkan kondisi diatas perlu dianalisa lebih lanjut kandungan minyak pelumas bekas yang telah ditreatment, yang bertujuan untuk mengetahui kandungan logam dan unsur kimia yang ada dalam pelumas bekas, sebelum pelumas tersebut dikonsumsi nelayan. Kemudian dibandingkan dengan penggunaan pelumas baru, pemakaian minyak pelumas bekas treatment ini sangat berkaitan erat terhadap tingkat kelayakan penggunaan dan pengaruhnya terhadap komponen motor penggerak kapal nelayan didesa Weru Paciran – Lamongan ,

1.3 BATASAN MASALAH

Dalam penyelesaian tugas akhir ini akan dibatasi beberapa hal , yaitu :

1. Penelitian dilakukan pada motor diesel penggerak kapal tradisional desa weru dengan merek Donfeng 16 PK yang mengkonsumsi minyak Pelumas Baru (*Mesran B SAE 40*) dan minyak pelumas bekas yang sudah di treatment.
2. Pengujian dilakukan di laboratorium ITS Serta Lab. Kimia FMIPA ITS terhadap kandungan logam dan unsur kimia minyak pelumas.
3. Minyak Pelumas baru dioperasikan selama 120 jam, dan minyak pelumas bekas yang sudah ditreatment, dioperasi selama 120 jam running motor diesel.
4. Pengujian Kinerja motor diesel yang menggunakan minyak pelumas Baru (*Mesran B SAE 40*) dan bekas yang sudah ditreatment menitik beratkan pada tingkat getaran dan tingkat keausan dari pemakaian kedua pelumas

5. Karakteristik Pelumas yang dianalisa adalah :

- Kandungan logam
- Unsur Kimia

Tidak membahas segi ekonomis dari pemakaian pelumas baru dan pelumas bekas (treatment)

6. Pelumas ini diperoleh di Desa Weru Kecamatan Paciran Lamongan.

1.4 TUJUAN PENULISAN

Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui perbandingan tingkat keausan umur komponen motor penggerak yang menggunakan pelumas baru dan bekas yang sudah ditreatment pada kapal nelayan Desa Weru Paciran Lamongan
2. Mengetahui perbedaan tingkat getaran motor akibat penggunaan minyak pelumas baru dan pelumas bekas yang sudah di treatment

1.5 MANFAAT TUGAS AKHIR

Hasil penulisan ini dapat digunakan sebagai :

1. Pedoman dan pertimbangan bagi para nelayan dalam pemakaian minyak pelumas yang layak dan sesuai dengan kebutuhan mesin.
2. Mengetahui pengaruh pemakaian minyak pelumas bekas terhadap tingkat keausan komponen dan tingkat getaran motor motor diesel.

1.6 METODE

Secara umum metode yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Teori yang dipergunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada diperoleh dari studi literatur. Termasuk teori dasar pelumasan, dasar teknis motor diesel dan pengaruh minyak pelumas terhadap getaran motor diesel.

2. Metode Eksperimen

Metode eksperimen menggunakan uji coba laboratorium untuk memperoleh data. Dari pengujian laboratorium akan diperoleh kandungan logam dan unsur kimia dari minyak pelumas tersebut. Pengujian pada motor diesel menggunakan minyak pelumas bekas dan minyak pelumas yang baru. Hasil pengujian dari kedua minyak pelumas dibandingkan terhadap tingkat getaran motor dan tingkat keausan komponen motor diesel.

3. Wawancara

Metode ini dilakukan dengan melakukan konsultasi atau tanya jawab dengan nelayan desa weru dan pihak-pihak lain yang terkait langsung terkait di lapangan. Wawancara berkaitan dengan kondisi pengoperasian motor diesel dilaut dan pengalaman nelayan tentang perawatan motor diesel.

4. Analisa Hasil

Analisa dilakukan untuk mengetahui tingkat getaran dan tingkat keausan dari komponen motor diesel yang menggunakan minyak pelumas bekas. Perhitungan dan Analisis juga dilakukan berdasarkan formula matematis yang berkaitan dengan hal-hal tersebut diatas.

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini terdiri dari :

Lembaran judul

Lembaran Pengesahan

Abstrak

Kata Pengantar

Daftar isi

Daftar Lampiran

BAB I PENDAHULUAN

- 1.1. Latar Belakang.
- 1.2. Perumusan Masalah.
- 1.3. Batasan Masalah.
- 1.4. Tujuan Penulisan.
- 1.5. Manfaat Tugas Akhir.
- 1.6. Metodologi Tugas akhir
- 1.7. Sistematika Penulisan.



BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini akan membahas teori-teori tentang minyak pelumas, dan pengaruhnya terhadap tingkat keausan komponen motor diesel dan bagian-bagian motor diesel yang akan dilumasi.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini dibahas mengenai langkah-langkah pengerjaan tugas akhir yang akan dikerjakan dan dianalisa, mencakup spesifikasi dan cara pengujian dilaboratorium. Data-data yang diperoleh akan dianalisa berdasarkan metode yang ditentukan.

BAB IV ANALISA DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisa hasil percobaan laboratorium minyak pelumas, yang dibandingkan terhadap standar pemakaian minyak pelumas yang layak dikonsumsi motor diesel, sehingga dapat diketahui tingkat getaran motor dan keausan komponen motor terhadap penggunaan minyak pelumas bekas.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sistem pelumasan

Dalam sejarah perkembangan, manusia selalu berusaha untuk menghilangkan atau mengurangi gesekan yang terjadi pada komponen mesin, sehingga mengurangi terjadinya keausan komponen mesin tersebut. Untuk itu digunakan minyak pelumas untuk mengatasi atau memperkecil keausan yang terjadi akibat adanya gesekan dari komponen-komponen mesin tersebut.

2.1.1. Persyaratan minyak pelumas : (Ir. Pallawangau La Puppung, 1985)

- Stabilitas terhadap panas dan oksidasi.

Pelumasan yang paling sukar adalah pelumasan bagian mesin yang panas, yaitu pelumasan antara torak dengan dinding silinder. Apabila pada tempat tersebut minyak pelumas menguap dan kemudian terbakar, maka akan terjadi kerak-kerak yang apabila terjadi pada alur cincin torak dapat menimbulkan kemacetan cincin torak ("piston ring sticking") atau kerusakan lainnya. Oleh karena itu kedalam minyak pelumas perlu ditambah zat tambahan untuk mencegah kerusakan tersebut diatas.

- Kekentalannya tidak banyak terpengaruh oleh perubahan temperatur. Untuk mempermudah start pada temperatur rendah, sebaiknya dipakai minyak pelumas yang encer. Namun, kekentalannya harus cukup tinggi supaya masih dapat memberikan lapisan minyak pelumas pada

permukaan bagian yang bergerak, khususnya pada keadaan beban yang berat atau pada waktu mesin harus menghasilkan daya tinggi.

- Tidak menyebabkan korosi pada logam.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut diatas, maka minyak pelumas digolongkan menjadi beberapa jenis, sesuai dengan tugas berat masing-masing.

Di dalam setiap buku pedoman menjalankan mesin biasanya di cantumkan kapan minyak pelumas harus diganti. Akan tetapi, oleh karena laju kerusakan minyak pelumas sangat dipengaruhi oleh kondisi operasinya, maka sebaiknya diadakan pemeriksaan secara berkala untuk mengetahui kapan minyak pelumas harus diganti. Pemeriksaan tersebut, dapat dilakukan dengan jalan meneteskan sejumlah minyak pelumas diatas sehelai kertas saringan. Adanya kotoran dan kerusakan minyak pelumas akan terlihat dengan jelas.

2.1.2. Fungsi minyak pelumas adalah: (Ir.Anton L. 1985) :

- Mengurangi Gesekan.

Fungsi utama dari minyak pelumas adalah mengurangi gesekan. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

Apabila suatu benda (balok) diletakkan diatas lantai dimana permukaan balok langsung berhubungan (kontak) dengan permukaan lantai, maka untuk menggerakkan benda tersebut diperlukan gaya yang cukup besar. Gaya yang diperlukan untuk menggeser tersebut harus lebih besar dari pada gaya gesekan antara permukaan balok dengan permukaan lantai.

Kemudian jika balok diletakkan diatas permukaan minyak atau air, maka sekarang kita akan dapat memindahkan balok tersebut dengan gaya yang relatif kecil dibandingkan dengan balok yang mengalami kontak langsung dengan permukaan lantai.

Dari uraian tersebut diatas dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa pada hubungan langsung antara permukaan balok dengan permukaan lantai terdapat koefisien gesekan yang besar. Sedangkan pada kondisi balok berada diantara permukaan minyak dan minyak berada dipermukaan lantai, koefisien gesekan yang tadinya besar menjadi lebih kecil. Dengan uraian tersebut dapatlah dimengerti jika minyak pelumas berfungsi mengurangi gesekan.

- Mengurangi Keausan

Pada mesin keausan terjadi oleh tiga sebab mekanik yaitu:

- Abrasi
- Korosi
- Kontak antara logam dengan logam.

- a. Keausan abrasi dilakukan oleh partikel-partikel padat yang masuk di antara permukaan yang dilumasi. Dengan minyak pelumas yang mempunyai daya cuci dan daya semprot yang kuat partikel padat tersebut dapat diusir keluar dari daerah permukaan yang dilumasi.
- b. Keausan korosi disebabkan oleh bahan-bahan dari luar (kontaminasi) yang bersifat oksidatif yang telah masuk kedalam minyak lumas. Biasanya, hasil pembakaran pada motor bakar merupakan bahan

oksidatif. Untuk itu biasanya minyak lumas dilengkapi dengan bahan aditif anti oksidasi.

- c. keausan kontak antar logam disebabkan oleh kehilangan kemampuan minyak pelumas, hal ini kemungkinan dikarenakan jumlah minyak pelumas berkurang, disertai kondisi kerja yang kelewat berat.

- Menurunkan Suhu

Suhu mesin, seperti kita ketahui cukup tinggi, dan agar tidak terjadi sesuatu yang merugikan suhu perlu diturunkan. Minyak pelumas khususnya yang berbentuk cairan (*fluida*) merupakan pemindah kalor yang baik. Sirkulasi minyak pelumas seperti minyak pelumas pada motor bakar memberikan kemungkinan untuk berfungsi sebagai pemindah kalor. Minyak yang bersirkulasi melumasi daerah bersuhu tinggi (ruang bakar) kemudian kembali kearter sambil melepaskan panas dan kembali lagi dan seterusnya, sehingga suhu mesin tidak terus naik.

- Memindahkan Tenaga

Minyak pelumas sebagai pemindah tenaga dikenal dengan sebutan minyak hidrolik atau minyak rem. Untuk itu minyak harus mempunyai persyaratan tidak korosi atau bereaksi dengan peralatan sistem hidrolik, baik terhadap pipa saluran maupun sekat-sekatnya. Disamping itu minyak hidrolik juga tahan terhadap kondisi kerja dimana sistem hidrolik itu berlokasi.

- Pembersih

Minyak pelumas juga sebagai pembersih didaerah yang dilumasi. Dengan membawanya bersirkulasi yang kemudian ditangkap filter, partikel-partikel padat dibersihkan oleh minyak pelumas.

- Penyekat

Syarat utama minyak pelumas adalah memiliki viskositas tertentu. Salah satu kegunaan sifat viskositas ini adalah untuk memberikan kemampuan minyak pelumas sebagai penyekat. Makin tinggi viskositas makin kental minyak pelumasnya, serta makin lebar sekat yang dapat dibentuk.

Sifat-sifat lain dari minyak pelumas adalah sebagai peredam kejut (*dampers shock*) dan *isolator* listrik.

Motor diesel merupakan salah satu dari mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Prinsip utama dari motor diesel adalah proses pengkompresian udara di dalam silinder sehingga mencapai temperatur yang sangat tinggi, kemudian bahan bakar disemprotkan dengan pengabut (*nozzle*) ke dalam ruang bakar sehingga akan menghasilkan suatu pembakaran. Hasil tenaga dari pembakaran tersebut diteruskan ke poros engkol (*crank shaft*) dengan perantaraan batang penghubung (*conecting rod*). Pada poros engkol dipasang roda penerus (*fly wheel*) yang akan menghimpun tenaga yang dihasilkan, dan sekaligus membuat putaran motor menjadi stabil.

Motor diesel pasti membutuhkan sistem pelumasan, walaupun motor diesel dirancang dengan efisiensi yang baik, bahan baku yang bagus dan pengerjaan yang sempurna, kalau pelumasan dari komponen-komponen motor tidak

diperhatikan dengan baik maka motor akan mengalami kerusakan yang berat dan berumur pendek.

Mesin Jiandong menggunakan tenaga pelumasan dari *oil pump* model *trochoid* (isap-tekan). Minyak pelumas dari bak *crank case* dipompa ke atas melalui *oil strainer* oleh *oil pump*. Minyak pelumas beredar dari *oil pump* melewati *oil pipe* dan terletak di dalam *main bearing case*, dan selanjutnya melumasi bagian *crank pin*. *Piston*, *bearing* dan *cam shaft* dilumasi oleh cipratan dari bagian *crank pin*. Besarnya tekanan minyak pelumas dalam saluran adalah 1-2 Kgf / cm.

2.2. Pelumasan Motor Diesel

Pelumasan motor diesel terbagi atas dua bagian utama, yaitu pelumasan silinder dan pelumasan bantalan (Ir. Pallawagu La Puppung, 1985) .

2.2.1. Pelumasan Silinder

Motor diesel dilumas dengan salah satu dari tiga metode atau kadang-kadang kombinasi dua dari metode tersebut dibawah ini :

- Pemasukan minyak pelumas dengan tekanan yang digerakkan secara mekanis
- Pelumasan minyak pelumas dari system sirkulasi motor
- Dengan percikan keatas dinding silinder oleh bagian-bagian yang berputar.

Kebanyakan motor memakai metode pemasukan minyak pelumas dengan tekanan yang digerakkan secara mekanis untuk memasukkan minyak pelumas kedalam silinder.

Beberapa persyaratan yang diperlukan oleh minyak pelumas silinder adalah sebagai berikut :

1. Tahan terhadap oksidasi dan pembentukan karbon.

Didalam silinder minyak pelumas disebarkan dalam lapisan tipis diatas logam yang mempunyai temperatur yang tinggi, dimana terdapat gas-gas panas yang melebihi keperluan teoritis untuk pembakaran sempurna bahan bakar. Disini akan terjadi kondisi oksidasi yang sangat berat dan terjadi pembentukan karbon. Lapisan minyak pelumas menjadi terkontaminasi oleh produk-produk pembakaran tidak sempurna khususnya lumpur, yang akan terbentuk dibawah kondisi temperatur yang tinggi dan tersedianya oksigen terbatas secara lokal. Untuk ini diperlukan minyak pelumas yang memiliki sifat stabilitas oksidasi (*oxidation stability*) yang tinggi, sehingga kontribusinya terhadap pembentukan deposit akan menjadi sekecil mungkin.

Persyaratan selanjutnya ialah ketika minyak pelumas terbakar hendaknya karbon keras yang terbentuk sekecil mungkin. Setiap karbon yang dibentuk oleh minyak pelumas akan lebih baik dari jenis yang lunak, dengan demikian tidak menyebabkan abrasi, dan tidak melekat, sehingga sebagian besar akan terbang bersama gas buang.

2. Mencegah pembentukan deposit dan korosi.

Minyak pelumas yang memiliki sifat *detergency* menguntungkan sebagai minyak pelumas silinder. Dengan *detergency* di sini berarti kemampuan dari minyak pelumas untuk menjaga kotoran-kotoran tetap melayang (*suspension*), jika tidak akan tetap diam dan membentuk deposit.

3. Viskositas

Minyak pelumas silinder harus memiliki viskositas yang sesuai dengan kondisi operasi motor. Minyak pelumas yang mempunyai viskositas terlalu tinggi atau terlalu berat mempunyai gesekan fluida yang tinggi, pelumas bisa tidak menyebar secara baik dan cepat untuk membentuk lapisan minyak pelumas yang berkesinambungan, ini akan menghasilkan dinding silinder tetap kering dan menimbulkan keausan yang berat.

2.2.2. Pelumasan Bantalan

Beberapa persyaratan dari minyak pelumas bantalan motor disel adalah memenuhi syarat sebagai minyak pelumas secara umum ditambah persyaratan-persyaratan lainnya seperti *stabilitas* dan *viskositas* yang sesuai.

1. Stabilitas oksidasi

Minyak pelumas yang keluar melalui ujung ujung bantalan dilemparkan kekarter oleh bagian-bagian yang berputar dan terpecah mnejadi butir-butir halus atau kabut. Ini membuka luas permukaan minyak pelumas yang menerima oksigen didalam karter yang panas. Telah menjadi ketentuan bahwa setiap 18°F kenaikan temperatur diatas 180°F tingkat oksidasi minyak pelumas akan berlipat ganda.

2. Demulsibilitas

Air dapat bertambah banyak kedalam minyak pelumas didalam karter melalui sejumlah retak-retak pada mantel silinder atau pendingin minyak pelumas (*oil cooler*) dan kadang-kadang sejumlah kecil uap air dapat mengembun didalam

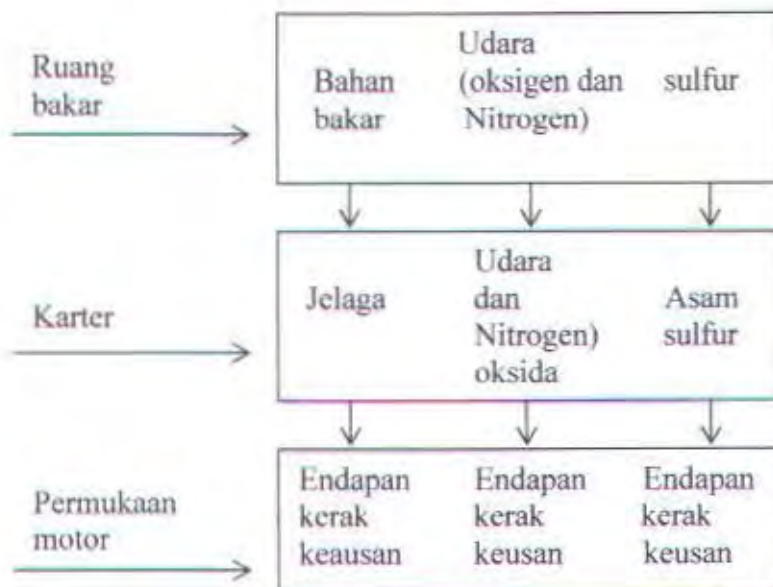
karter jikalau motor menjadi dingin setelah berhenti. Sumber air lainnya ialah pembakaran benar-benar dari bahan bakar minyak itu sendiri.

3. Viskositas

Pembentukan lapisan minyak pelumas yang efektif tidak hanya bergantung kepada kemampuan minyak pelumas melekat pada permukaan poros, tetapi juga sangat bergantung kepada sifat fluidanya ketika poros berputar sangat lambat, misalnya ketika start, hanya sejumlah relatif kecil minyak pelumas akan dimasukkan kedalam ruang celah bebas.

2.3. Keausan dan Pembentukan Endapan Pada Motor Diesel.

Endapan pada motor diesel umumnya mengandung lebih banyak hasil oksidasi minyak pelumas dari pada hasil oksidasi minyak pelumas dari motor bensin.



Gambar 2.1 Keausan dan pembentukan endapan kerak pada motor diesel

Periode penggantian minyak pelumas mempunyai pengaruh yang sangat nyata pada unjuk kerja motor diesel. Minyak pelumas harus diganti setelah ia kehilangan kapasitas untuk mengontrol endapan dan keausan. Jikalau ini tidak dilakukan, maka pembentukan endapan dan keausan akan sangat dipercepat.

2.4. Bagian Motor Diesel Yang Dilumasi

Bagian-bagian motor diesel yang memerlukan pelumasan adalah sebagai berikut (V. L. Maleev, M. E., DR. A. M, 1986):

- Piston dan Silinder

Pelumasan pada piston dan silinder terdapat dua cara, yaitu pelumasan sistem cebur dan pelumasan hantaran positif. Pelumasan cebur pada torak untuk motor kecepatan tinggi biasanya tidak memerlukan peralatan pelumas khusus. Minyak pelumas yang mengalir dari bantalan utama dan batang engkol dan diceburkan oleh engkol dan batang engkol dan kabut minyak dalam karter tertutup oleh bagian yang bergerak dengan cepat, memberikan pelumasan yang cukup pada piston.

Pada motor kecepatan rendah dan sedang, pistonnya menggunakan pelumasan hantaran positif. Minyak pelumas diatur dengan meneteskannya ke piston dan permukaan silinder. Jumlah tetesan minyak diatur oleh sekerup.

Jumlah minyak pelumas yang baik adalah yang tepat cukup untuk memelihara lapisan film minyak pada permukaan silinder. Kelebihan jumlah minyak pelumas yang diberikan dapat menyebabkan pelekatan cincin piston, banyaknya karbon dalam peredaran minyak pelumas, dan



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

keausan berlebihan dari lapisan siliner dan cincin piston. Jumlah minyak pelumas yang diberikan pada silinder bervariasi antara 0,0001 dan 0,0005 galon tiap d.k.-jam, tergantung pada jenis motor dan perhatian yang diberikan oleh operator.

- **Poros Engkol dan Bantalan Utama**

Pelumasan poros engkol dan bantalan utama untuk mesin diesel empat tak lebih mudah dari pada mesin diesel dua tak. Hal ini dikarenakan tekanan pada tap motor diesel empat tak terus menerus dibalik, berbeda halnya dengan motor diesel dua tak yang tekanan pada tapnya tidak dibalik.

- **Pena Engkol dan Bantalannya**

Pada mesin horisontal kecil dan mesin dua tak menggunakan peminyak sentrifugal pada pembilas karternya. Lubang minyak yang mengarah ke permukaan pena engkol seringkali digurdi pada sudut sekitar 30 derajat mendahului titik mati, sehingga cangkang atas menerima minyak sebelum langkah penyalaan dan pada titik yang tekanannya relatif rendah.

- **Poros Nok dan Penggeraknya**

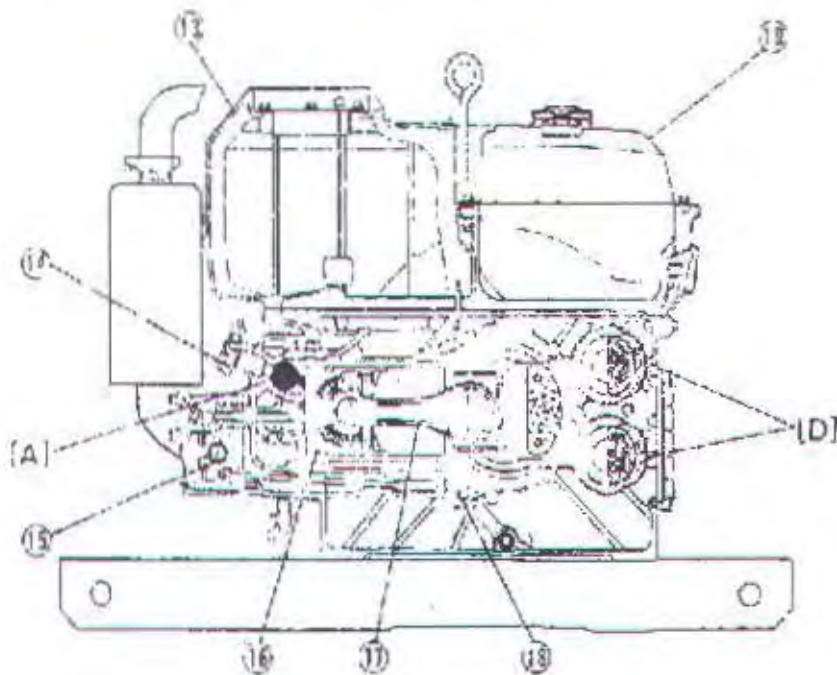
Bantalan poros nok dilumasi dengan berbagai metode, yaitu : peminyakan hantaran samping, peminyak cincin, mangkok gemuk otomatis, dan dengan ceburan atau saluran hantaran dari sistem tekanan minyak utama. Pelumasan ini tergantung dari tipe mesinnya.

- **Pena Pergelangan dan Bantalannya**

Dalam mesin kecil vertikal, pena pergelangannya dapat dilumasi oleh minyak yang dikeruk dari dinding silinder oleh sekop pengeruk khusus.

- Penggerak Katup

Pemandu dan tangkai katup harus dilumasi tetapi sangat sedikit, terutama yang berada pada katup buang. Satu tetes tiap menit atau mangkok gemuk dengan tekanan pegas sudah cukup memadai.



Gambar 2.2 : Motor diesel

2.5. Pengaruh Pelumas Terhadap Kinerja Motor Diesel

Viskositas minyak pelumas berpengaruh terhadap mesin dan unjuk kerja minyak itu sendiri. Jika viskositas minyak pelumas terlalu tinggi, maka akan menyebabkan (Edward F. Obert, 1973):

- Torsi dan daya dari mesin menurun
- Konsumsi bahan bakar meningkat (kurang lebih sampai 15 %)

Sedangkan jika viskositas minyak pelumas terlalu rendah menyebabkan kekedapan antara cincin piston dan siliner berkurang sehingga :

- Kebocoran kompresi akan meningkat, sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan oksidasi pada minyak pelumas di crank case dan juga peningkatan timbulnya asap
- Konsumsi bahan bakar meningkat

Untuk mesin otomotif menggunakan viskositas minyak pelumas dalam jangkauan SAE 10 sampai 40 yang memberikan kepuasan pada konsumsi minyak pelumas. Mesin otomotif juga dapat menggunakan minyak pelumas multi grade. Konsumsi dari minyak pelumas selalu meningkat bersamaan dengan meningkatnya kecepatan atau beban, jika suhu mesin dan tekanan meningkat. Jadi viskositas dari minyak pelumas yang panas adalah relatif rendah dan mengakibatkan semakin banyaknya minyak pelumas yang menerobos cincin piston. Karakteristik minyak pelumas dapat diketahui dari semakin meningkatnya harga viskositas. Namun demikian, pada kecepatan tinggi, suhu operasi tinggi, penguapan dari minyak pelumas dapat mempengaruhi konsumsi minyak pelumas.

2.6. Karakteristik Minyak Pelumas Bekas

Pengujian karakteristik minyak pelumas bekas sangat bermanfaat dalam menilai kondisi mesin yang menggunakan minyak pelumas tersebut, selain juga dapat mengevaluasi kinerja minyak pelumas itu sendiri serta periode penggantian minyak tersebut.

Manfaat yang lebih besar didapat bila pengujian minyak pelumas bekas dilakukan setiap penggantian minyak pelumas dilakukan, kemudian hasilnya dibandingkan terhadap hasil uji minyak pelumas baru dan hasil uji sebelumnya. Dari hasil penelitian yang disebut pelumas bekas biasanya mengandung kotoran.

Kotoran ini terdiri atas bahan bakar yang tidak terbakar, air, aditif yang sebagian besar sudah rusak, hasil oksidasi pelumas, aspal-tenik, partikel karbon, partikel berbagi jenis logam dan lain sebagainya.

Mayoritas kotoran tersebut adalah bahan bakar yang tidak terbakar dari hasil pembakaran bahan bakar dan pelumas. Sedangkan partikel logam berasal dari keausan mesin dan korosi. Ikatan logamnya berasal dari aditif bahan bakar dan pelumas didalam proses pembakaran.

Proses daur ulang minyak pelumas bekas akan berhasil baik jika proses itu memiliki fleksibilitas yang cukup tinggi terhadap aneka karakteristik pelumas bekas yang diumpankan. Mengingat konsentrasi kandungan kotoran yang bervariasi. Disamping tentunya biaya operasi yang ekonomis.(Ir. Anton L. 1996)

2.7. Bahan Komponen Mesin

Untuk dapat memenuhi tugasnya, komponen mesin dibuat dari beberapa jenis *alloy* yang mengandung beberapa unsur/jenis logam. Tetapi tidak semua komponen dibuat dari campuran atau *allous* yang sama, melainkan di buat dari bahan logam campuran yang berbeda-beda sesuai dengan sifat-sifat yang diinginkan dan beban yang diterima ataupun kecepatan gerakan serta suhu kerja komponen mesin tersebut.

Jadi, bantalan dan piston misalnya mungkin mempunyai unsur logam campuran yang sama meskipun jumlah unsur logam campurannya berbeda. Logam yang sering digunakan untuk komponen mesin tersebut umumnya adalah : Al, Sb, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mg, Mn, Mo, P, Ag, Sn, Ti, V, Zn.

- Bantalan

Bantalan mesin-mesin modern dibuat dari beberapa group alloy, diantaranya adalah metal putih atau metal Babbit. Metal putih ditemukan oleh Sir Isaac Babbit pada tahun 1839, sampai saat ini masih merupakan alloy metal yang paling bagus untuk bahan bantalan, baik untuk mesin diesel maupun bensin. Tetapi metal putih ini tidak cukup kuat untuk mesin dengan tenaga besar.

Komposisi metal putih adalah sebagai berikut :

| | |
|----------------------|-------------------|
| Sn : 80 - 90 % berat | tipical 89% berat |
| Sb : 7 - 10 % berat | tipical 9% berat |
| Cu : 3 - 5 % berat | tipical 2% berat |
| Pb : - 1 % berat | |

Alloy – Cadmium

Alloy jenis ini sering digunakan karena tidak mudah korosi dan tidak tahan lama atau cepat lelah.

Komposisinya adalah sebagai berikut :

| | |
|------------------------|----------------------|
| Cd : - 98 % berat | Ni : 1 - 1,5 % berat |
| Ag : 0,5 - 1,0 % berat | |

Copper – Lead

Metal alloy ini sering digunakan untuk bantalan mesin diesel dan bantalan mesin bensin dengan tenaga besar. Permukaannya dilapisi atau dilindungi dengan metal Sn setebal 10 – 40 micron.

Komposisinya adalah sebagai berikut :

Pb : 25 – 30 % berat Cu : 70 – 75 % berat

Sn : sedikit atau tidak ada

Alloy Alumunium

Alloy ini digunakan untuk bantalan baik mesin diesel maupun mesin bensin. Salah satu komposisinya adalah sebagai berikut :

Al : 95 % berat Cd : 3 % berat

Cu : 1 % berat Ni : 1 % berat

Disini bantalan tersebut dapat terdiri atas tiga lapisan, yaitu baja, alumunium alloy dan lapisan penutup yang dapat dibuat dari Pb, Sn, atau Cu dan setebal 10 – 20 micron.

- **Liner silinder**

Liner silinder dibuat dari baja yang dilapisi dengan alloy yang terdiri atas unsur logam :

C : 3,1 - 3,5 % berat Si : 1,8 - 2,2 % berat

Mo : 0,6 – 0,9 % berat

Untuk menambah kekerasan permukaannya, komposisinya dapat diubah menjadi :

C : 3,6 % berat P : 0,6 % berat

Ni : 0,1 % berat Va : 0,1 % berat

Cr : 0,0 % berat Ti : 0,0 % berat

Si : 2,1 % berat Mn : 1,1 % berat

S : 0,045 % berat

- Piston atau torak

Cast – iron alloy dapat digunakan untuk bahan lapisan piston oleh karena tahan keausan dan tinggi kekuatannya. Tetapi karena untuk mobil sekarang dituntut bahan yang lebih ringan, maka digunakan alloy alumunium yang dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

- Al – Cu alloy
- Al – Cu – Ni alloy, atau Al – Cu – Fe yang di pasaran disebut Y-alloy atau SAE 39.
- Al – Si alloy, dimana salah satu dari komposisinya adalah sebagai berikut :

| | | | |
|-----|----------------------|----|----------------|
| Si | : 8,5 – 10,5 % berat | Fe | : 1,0 % berat |
| Cu | : 2,0 – 4,0 % berat | Mn | : 0,5 % berat |
| Mg | : 0,6 – 1,5 % berat | Ni | : 0,5 % berat |
| Zn | : 1,0 % berat | Ti | : 0,25 % berat |
| Dll | : 0,5 % berat | | |

Komposisi ini di pasaran disebut sebagai SAE 332

- Ring piston

Kenaikan yang tetap dari tenaga, kecepatan, dan dikombinasikan dengan berat mesin, merupakan faktor yang mempengaruhi usaha perbaikan kualitas dari ring piston. Salah satu contoh unsur yang digunakan dalam alloy ring piston sebagai contoh adalah *cast-iron* kelabu yang terdiri dari unsur logam sebagai berikut : Fe, C, Si, P, Mn, Cr, Mo, V, Cu.

2.8. Batas Keausan Komponen

Berdasarkan buku petunjuk pemakaian motor diesel (Operation Manual), batas pemakaian dari komponen adalah: (Wiranto Arismunandar dan Koichi Tsuda, 1975)

- Rumah Torak adalah $6/1000$ sampai $8/1000$ dari diameter dalamnya.
- Batas keausan cincin torak dinyatakan terhadap tebalnya yaitu 10% dari tebalnya. Juga dapat dilihat dari besarnya celah antara kedua ujungnya yaitu $2D/100$, dimana D adalah diameter dalam silinder.
- Kelonggaran cincin torak yang pertama dan alurnya kira-kira $(0,25 + D/5000)$, dimana D adalah Diameter torak dalam milimeter.
- Batas kelonggaran antara bantalan jalan dan poros engkol adalah $(0,13 + 10^{-4} d)$, dimana d adalah diameter poros engkol dalam milimeter.

2.9. Analisa Matematis

Berdasarkan buku *Reliability Models* (Dwi Priyanta, Dept. Of Marine Engineering ITS) dijelaskan untuk menganalisa *time to failure* suatu peralatan, analisa dapat menggunakan beberapa teori, diantaranya adalah teori Distribusi Eksponensial, distribusi Weibull, distribusi Gamma, distribusi Normal, dan distribusi Lognormal. Dalam analisa data pada pembahasan tugas akhir ini, teori yang relevan adalah teori distribusi eksponensial dengan satu parameter.

Perumusan secara matematis sebagai berikut:

Fungsi kepadatannya:

$$F(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$



Fungsi kumulatifnya:

$$f(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Fungsi keandalannya:

$$R(t) = 1 - f(t) = e^{-\lambda t}$$

Laju Kerusakan:

$$\lambda(t) = f(t) / R(t)$$

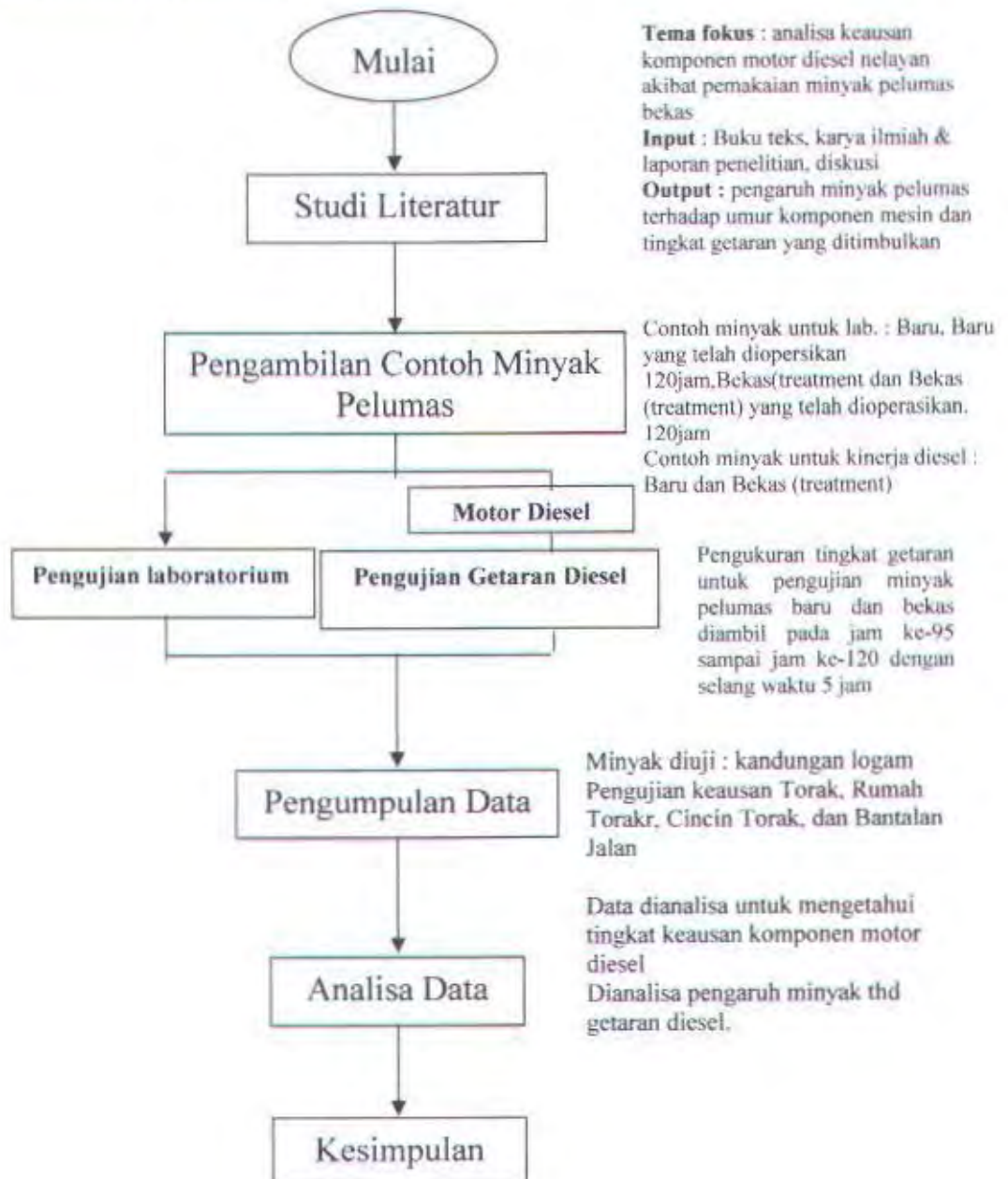
Dimana : λ = parameter (tingkat Keausan)

t = Waktu kerusakan komponen

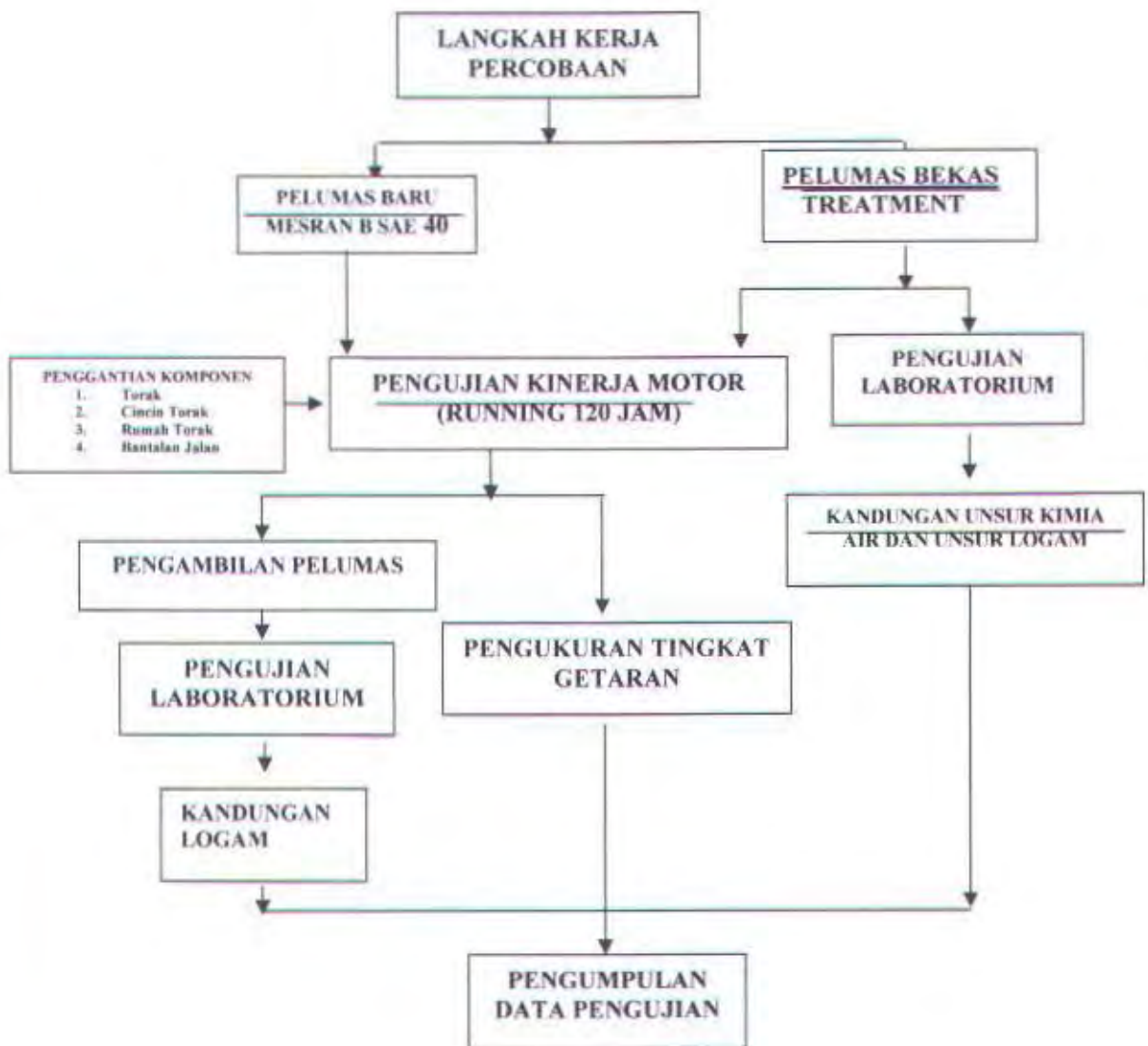
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

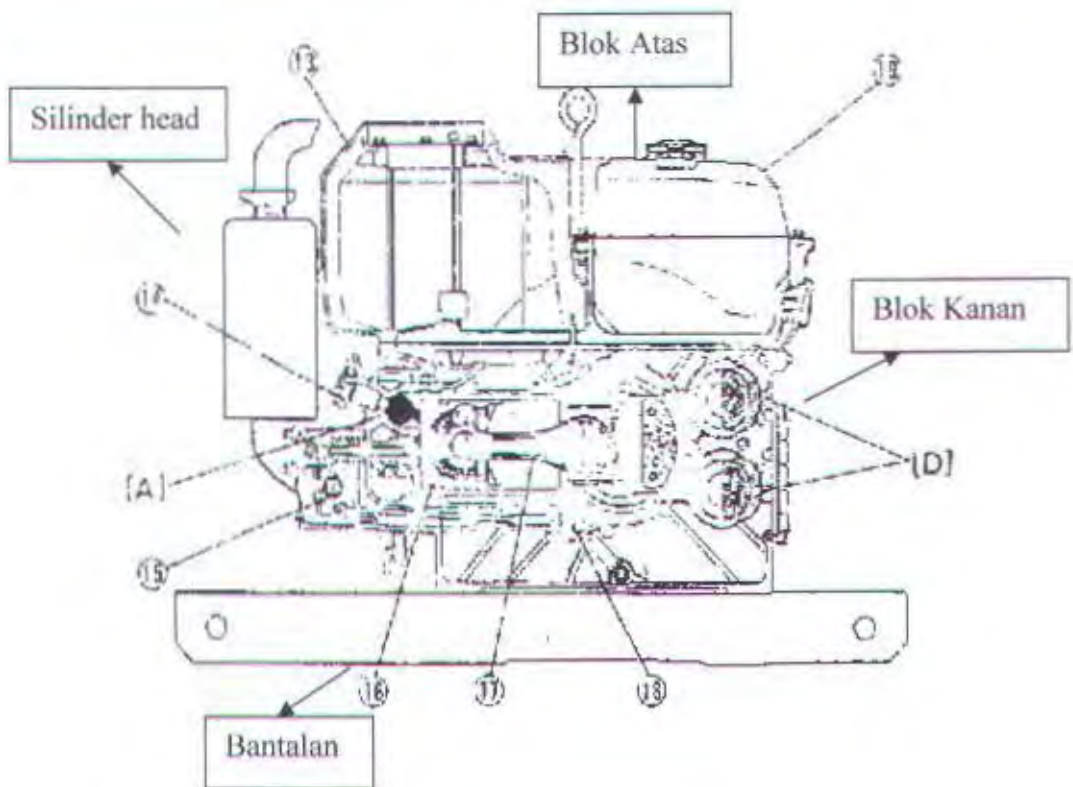
3.1 Metodologi Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian



Gambar 3.2 Diagram metodologi percobaan



Gambar 3.3 : Titik Tempat pengambilan data getaran

3.2 Minyak Pelumas dan Peralatan Percobaan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode percobaan laboratorium. Minyak pelumas dan peralatan yang dipergunakan antara lain :

3.2.1 Minyak Pelumas Baru

Percobaan menggunakan minyak pelumas produksi Pertamina, yaitu Mesran B SAE 40, untuk karakteristik minyak pelumas ini dapat dilihat pada lampiran A. Pelumas ini dirancang untuk mesin diesel yang bertenaga sedang dengan turbocharger dan mesin bensin yang kedua-duanya dipergunakan pada armada angkutan serta mesin alat-alat besar yang menghendaki pelumasan jenis ini.

Minyak pelumas jenis ini termasuk kelompok Mesran B Series, yaitu : SAE 10W, 30, 40, 50 Mesran B Series cocok untuk perusahaan-perusahaan

dengan armada kendaraan bermesin bensin dan diesel. Pelumas ini diformulasikan dari bahan dasar yang memiliki indeks viskositas yang tinggi serta mengandung *detergent dispersant* yang tinggi, anti oksidan, anti karat, anti aus, dan anti busa. Sifat lainnya dari minyak pelumas ini adalah tidak menimbulkan lumpur atau endapan (*sludge*) walaupun mesin bekerja dengan suhu rendah, mengingat sifat ini diperlukan pada kendaraan yang bekerja ringan.

Kemampuan kerja Mesran B Series memenuhi persyaratan API *service classification* CD/SF, MIL-L-21044C dan Japannedse CD. Artinya minyak pelumas ini cocok untuk mesin diesel dengan tugas berat yang dilengkapi superecharger dan juga cocok untuk mesin bensin keluaran tahun 1980-an. Minyak pelumas ini direkomendasikan untuk tidak ditambah lagi dengan zat aditif, karena sudah terdapat campuran aditif yang sesuai dengan kebutuhan.

Mesran B Series sangat sesuai untuk pelumasan mesin diesel kendaraan bertenaga besar tanpa turbocharger maupun yang bertenaga sedang dengan turbocharger. Mesran B Seres dapat dipergunakan untuk kendaraan mesin bensin yang memerlukan pelumasan dengan performance level API *service classification* SF (mesin buatan tahun 1980-an).(Pertamina, 2000).

3.2.2 Minyak Pelumas Bekas (Treatment)

Minyak pelumas bekas (treatment) yang di pakai pada percobaan ini diambil dari Desa Weru Paciran Lamongan. Minyak pelumas ini berasal dari bengkel sepeda motor dan mobil. Untuk pembelian Minyak pelumas ini para distributor atau penjual pelumas bekas di desa Weru memesan terlebih dahulu dari bengkel-bengkel tersebut, agar pelumas bekas tersebut ditampung dalam drum.

Setelah berada di weru pelumas tidak langsung dijual tetapi ditreatment dengan cara diendapkan kurang lebih dua hari, lalu disaring dengan saringan teh yang mempunyai ukuran 0,5 mm. setelah itu dimasukan kedalam botol ukuran satu setengah liter dan siap dijual ke nelayan..

3.2.3 Spesifikasi Motor Diesel dan Generator

Data motor diesel dan generator yang dipergunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

| | |
|---------------------|--|
| Merek Diesel | : JIANGDONG |
| Model | : S1100 |
| Type | : Single cylinder, Horizontal, four – stroke |
| Combustion System | : Swirl Combustion Chamber |
| Cylinder Bore | : 100 mm |
| Piston Stroke | : 115 mm |
| Piston Displacement | : 0.903 liter |
| Output / Speed | : 16 HP / 2000 rpm |
| Compression Ratio | : 20 : 1 |
| Cooling System | : Water Evaporative Cooling |
| Starting Method | : Hand Cranking |

| | |
|-----------------|-------------|
| Merek Generator | : MINDONG |
| Power | : 3000 Watt |
| Tegangan | : 230Volt |
| Frekwensi | : 50 Hz |
| Arus | : 43 Ampere |
| Putaran | : 1500 Rpm |
| Cos ϕ | : 0,8 |

Untuk menghubungkan motor diesel dengan generator digunakan v-belt dengan diameter puli untuk motor diesel sebesar 10,45 cm dan diameter puli untuk generator sebesar 9,4 cm.

Alat – alat ukur yang digunakan selama penelitian antara lain adalah :

1. Tacho Meter, berfungsi untuk mengukur putaran pada generator.
2. Filler Gap, berfungsi untuk mengukur kerapatan Ring piston.
3. Alat pengukur getaran (FFT Analisator).
4. Alat Pengukur Suhu (termometer).
5. Jangka Sorong (Diameter)



3.3 Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui kandungan logam dalam minyak pelumas baik sebelum dipakai maupun sesudah dipakai. Pengujian laboratorium dilakukan di Laboratorium Kimia MIPA ITS dan Laboratorium Kimia ITS Surabaya. Adapun kandungan logam minyak pelumas yang diuji adalah Alumunium(Al), Copper(Cu), Iron(Fe), Chromium(Cr), Nikel(Ni), Cobal(CO), Zinc(Zn) dari minyak pelumas.

3.4 Data Hasil Pengujian

3.4.1 Pengujian Pada Motor Diesel

Pengujian pada motor diesel dilakukan untuk mengetahui tingkat Keausan dan tingkat getaran pada masing-masing penggunaan minyak pelumas yang diteliti. Pengujian menggunakan minyak pelumas baru dan pelumas bekas (treatment).

Untuk pembebanan pada motor diesel direncanakan menggunakan bola lampu pijar, bola lampu pijar disediakan sebanyak 12 buah masing – masing 250 watt agar dapat membebani generator secara maksimal karena generator memiliki daya output 3000 watt.

Untuk generator tidak dilakukan banyak perubahan seperti kondisi sebenarnya, tetapi yang penting pada saat eksperimen nanti putaran generator dipertahankan konstan 1500 rpm agar frekuensi yang dihasilkan juga konstan yaitu 50 Hz. untuk itu pada saat pengoperasiaan motor diesel putaran yang digunakan adalah 1350 rpm .

Langkah – langkah percobaan pengujian motor diesel :

a. Tahap Persiapan

1. Memeriksa instalasi engine set up (tempat konsumsi bahan bakar, minyak pelumas, air pendingin, baut pengikat polley, kekencangan karet v – belt, baut pengikat pada pondasi, lampu-lampu pembeban dimatikan, dll).
2. Men-start motor diesel dengan engkol.

b. Tahap Percobaan

1. Putaran motor diesel dijaga konstan pada putaran 1350 rpm, hal ini dilakukan agar putaran generator tetap 1500 rpm sehingga besarnya frekuensi yang dihasilkan generator konstan 50 Hz.
2. Motor diesel diberi beban sebesar 3000 watt
3. Pengukuran terhadap tingkat getaran dilakukan pada jam ke-95 sampai jam ke-120, hal ini bertujuan bahwa viskositas pada jam tersebut sudah menurun sehingga getaran yang dihasilkan bisa dibaca dengan jelas.
4. Motor diesel di jalankan selama kurang lebih 120 jam (Motor Diesel tidak dijalankan secara terus menerus)
5. Dengan cara yang sama seperti langkah no. 1 sampai dengan no. 4 dilakukan lagi untuk pengujian minyak pelumas bekas treatment.

3.4.2 Hasil Pengujian Laboratorium Kandungan Logam Minyak Pelumas

Sebelum Melakukan Pengujian menggunakan minyak pelumas bekas treatment, dilakukan pengujian terlebih dahulu terhadap kandungan logam dalam minyak pelumas bekas yang nantinya digunakan sebagai bahan acuan dalam hasil pengujian minyak bekas treatment, dimana hasil pengujian logam setelah pengujian dikurangkan dengan hasil pengujian sebelum Pengujian motor diesel.

Tabel.3.1. Kandungan logam minyak pelumas bekas treatment sebelum pengujian motor diesel

| NO | PARAMETER | HASIL | METODE |
|----|-----------------|--|--------|
| | | Minyak Pelumas Bekas sebelum pemakaian | ASTM |
| 1 | Kadar Air (% w) | 0.3249 | D-1744 |
| 2 | Fe (mg/kg) | 1.01 | |
| 3 | Al (mg/kg) | 0.06 | |
| 4 | Cr (mg/kg) | 0.53 | |
| 5 | Cu (mg/kg) | 0.44 | D-3605 |
| 6 | Ni (mg/kg) | 0.31 | |
| 7 | Co (mg/kg) | 0.08 | |
| 8 | Zn (mg/kg) | 0.47 | |

Sumber: Hasil penelitian

BAB IV

ANALISA DATA PENELITIAN

4.1 Analisa Hasil Pengujian Minyak Pelumas

Hasil pengujian laboratorium minyak pelumas dapat dilihat pada Lampiran A. Akan dianalisa setiap kandungan logam minyak pelumas tersebut, tentang logam Fe, Al, Cr, Ni, Co, Cu, Zn dan Kadar Air

Analisa akan melihat sumber logam dalam minyak pelumas dan pengukuran tingkat keausan komponen yang akan digunakan memprediksi umur pakai komponen motor diesel pada masing-masing pelumas serta pengaruh minyak pelumas terhadap tingkat getaran motor diesel.

4.1.1. Kadar Air

Kadar air pada minyak pelumas baru yang telah dioperasikan selama 120 jam adalah 0,3215 % . Sedangkan minyak pelumas bekas yang telah ditreatment mempunyai kadar air yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,3249%, setelah dioperasikan selama 120 jam naik menjadi 0,5001 % sehingga selama pengujian terjadi penambahan sebesar 0,1752 %. Kadar air dalam minyak pelumas bekas treatment sebelum pengujian sebesar 0,3249% jelas sudah melebihi jumlah kadar air dari minyak pelumas baru dan batas dari SAE sebesar 0,2 %. Dari sini sudah dapat diketahui bahwa minyak pelumas bekas treatment tidak layak untuk dipakai lagi.

Kenaikan jumlah kadar air minyak pelumas bekas yang telah ditreatment diduga akibat pencampuran minyak pelumas bekas, dengan jumlah kadar air

pada tiap minyak pelumas bekas berbeda dan bertambah pada saat proses pencampuran.

Kenaikan jumlah kadar air setelah minyak pelumas dioperasikan kemungkinan disebabkan :

- Kondisi kelembaban udara ada di laboratorium.
- Kebocoran pada komponen sistim pendingin motor diesel yang sudah rusak seperti oil cooler, cooling jaket dan lainnya.

Tingginya kadar air yang ada pada minyak pelumas dapat mengakibatkan emulsi, sehingga air susah dipisahkan dan akan membentuk endapan lumpur. Tingginya kadar air bisa menyebabkan komponen motor diesel mengalami kerusakan, kerusakan ini diakibatkan komponen mengalami proses korosi yang disebabkan pengaruh tingginya kadar air dalam minyak pelumas. Sehingga apabila tidak segera dilakukan penggantian minyak pelumas komponen motor diesel bisa mengalami kerusakan.

Kadar air yang tinggi juga mempunyai pengaruh terhadap viskositas minyak pelumas, akan tetapi pada minyak pelumas bekas, kadar air tidak mempengaruhi viskositas. Hal ini ditunjukkan dengan kenaikan viskositas dari minyak pelumas bekas yaitu sebelum pengujian menunjukkan nilai sebesar 122,57 cSt dan setelah pengujian 140.3 cSt pada suhu 40⁰ C sedangkan pada suhu 100⁰ C menunjukkan nilai sebesar 14,59 cSt sebelum pengujian dan setelah pengujian menjadi 39.75 cSt. Padahal sebenarnya dengan kadar air yang sudah melebihi batas SAE, viskositas minyak pelumas seharusnya

menurun. Hal ini diduga disebabkan pada waktu treatment minyak pelumas bekas terjadi pencampuran zat kimia yang berbeda yang dimiliki tiap-tiap minyak pelumas bekas yang berasal dari bengkel. Zat kimia ini mungkin adalah aditif yang digunakan untuk meningkatkan kualitas dari masing-masing minyak pelumas terutama aditif yang berfungsi untuk menjaga kestabilan viskositas terhadap suhu yang tidak beraturan. Pencampuran itu menyebabkan efek pada minyak pelumas bekas treatment yaitu meningkatnya viskositas.

Kadar air yang lebih dari 0,5% dalam sampel minyak, akan berpengaruh terhadap hasil tes titik nyala minyak pelumas sehingga titik nyala tidak menunjukkan kondisi yang sebenarnya.

4.1.2. Kandungan Logam

4.1.2.1. Logam Fe

Kandungan Fe pada minyak baru yang telah dioperasikan adalah 1.19 mg/Kg, kemudian minyak pelumas bekas treatment nilai Fe sebelum pengujian 1.01 mg/Kg. Setelah dioperasikan selama 120 jam turun sebesar 0.21 mg/Kg menjadi 0,8 mg/Kg. Nilai ini lebih kecil dibandingkan kandungan Fe minyak pelumas baru yang dioperasikan selama 120 jam, hal ini diduga pada waktu pembakaran kandungan logam Fe ikut terbang atau logam Fe beremulsi dengan air menjadi endapan lumpur karena pengaruh proses oksidasi dan korosi.

Proses oksidasi terjadi dikarenakan lapisan minyak pelumas bekas sudah terkontaminasi oleh produk-produk pembakaran tidak sempurna khususnya lumpur. Penyebab oksidasi ini juga bisa dikarenakan minyak pelumas bekas diduga sudah tidak memiliki sifat stabilitas oksidasi (*oxidation stability*) yang tinggi, sehingga pembentukan deposit akan semakin besar. Ketika minyak pelumas terbakar hendaknya karbon keras yang terbentuk sekecil mungkin. Setiap karbon yang dibentuk oleh minyak pelumas akan lebih baik dari jenis yang lunak, dengan demikian tidak menyebabkan abrasi, dan tidak melekat, sehingga sebagian besar akan terbang bersama gas buang. Sedangkan proses korosi dimungkinkan karena sifat *detergency* yang dimiliki minyak pelumas bekas sudah hilang, *detergency* ini berguna untuk menjaga kotoran tetap melayang, jika *detergency* sudah tidak ada maka kotoran akan membentuk deposit.

Sumber logam Fe untuk minyak pelumas baru berasal dari torak sebesar 1 % berat yaitu $1/100 \times 1.19 \text{ mg} = 0.0119 \text{ mg}$ dan cincin torak sebesar 99 % berat yaitu $99/100 \times 1.19 \text{ mg} = 1.1781 \text{ mg}$. Sedangkan untuk minyak pelumas bekas kandungan logam setelah pengujian terjadi penurunan nilai, sehingga pengujian analisa tidak dapat dilakukan.

4.1.2.2. Logam Al

- Minyak pelumas baru sesudah pengujian

Kandungan logam Al dalam pelumas baru setelah pengujian sebesar 0.09 mg, sumber logam Al ini berasal dari bantalan jalan dan torak.

Kandungan logam Al berasal dari bantalan jalan sebesar 95 % berat yaitu $95/100 \times 0.09 \text{ mg} = 0.0855 \text{ mg}$ dan torak sebesar 5 % berat yaitu $5/100 \times 0.09 \text{ mg} = 0.0045 \text{ mg}$.

- Minyak pelumas bekas treatment sesudah pengujian

Kandungan logam Al dalam pelumas bekas sebelum pengujian sebesar 0.06 mg setelah pengujian menjadi sebesar 0.7 mg, berarti kenaikan logam Al dalam pelumas bekas sebesar 0.64 mg, sumber logam ini berasal dari bantalan jalan dan torak.

Kandungan logam Al berasal dari bantalan jalan sebesar 95 % berat yaitu $95/100 \times 0.64 \text{ mg} = 0.608 \text{ mg}$ dan torak sebesar 5 % berat yaitu $5/100 \times 0.64 \text{ mg} = 0.032 \text{ mg}$.

Berdasarkan perhitungan diatas maka kandungan logam Al dalam pelumas bekas setelah pengujian lebih banyak dari pada minyak pelumas baru hal ini juga ditunjukkan dengan tingkat keausan pada bantalan jalan dan torak.

4.1.2.3. Logam Cr



- Minyak pelumas baru sesudah pengujian

Sumber kandungan logam Cr berasal dari cincin torak yaitu sebesar 0.76 mg

- Minyak pelumas bekas treatment sesudah pengujian

Sumber kandungan logam Cr berasal dari cincin torak. Kandungan Cr pada pelumas bekas sebelum pengujian sebesar 0.53 mg setelah pengujian naik menjadi 0.9 mg berarti terjadi kenaikan sebesar 0.36 mg.

Berdasarkan perhitungan tersebut diatas, kandungan Cr dalam minyak pelumas bekas setelah pengujian lebih sedikit dari pada pelumas baru setelah pengujian, akan tetapi tingkat keausan cincin torak dengan menggunakan pelumas bekas lebih besar dari pada minyak pelumas baru, sehingga penurunan kandungan logam Cr pada minyak pelumas bekas setelah dipakai pengujian bisa disebabkan terbang pada saat pembakaran atau beremulsi dengan air membentuk endapan lumpur akibat proses oksidasi dan korosi.

Proses oksidasi terjadi dikarenakan lapisan minyak pelumas bekas sudah terkontaminasi oleh produk-produk pembakaran tidak sempurna khususnya lumpur dari motor penggerak sebelumnya, proses oksidasi akan terbentuk dibawah kondisi temperatur yang tinggi dan tersedianya oksigen terbatas secara lokal. Penyebab oksidasi ini juga bisa dikarenakan minyak pelumas yang sudah tidak memiliki sifat stabilitas oksidasi (*oxidation*

stability) yang tinggi, sehingga ketika minyak pelumas terbakar hendaknya karbon keras yang ikut terbakar terbentuk sekecil mungkin. Setiap karbon yang dibentuk oleh minyak pelumas akan lebih baik dari jenis yang lunak, dengan demikian tidak menyebabkan abrasi, dan tidak melekat, sehingga sebagian besar akan terbang bersama gas buang. Sedangkan proses korosi dimungkinkan karena sifat *detergency* yang dimiliki minyak pelumas bekas sudah hilang, *detergency* ini berguna untuk menjaga kotoran tetap melayang, jika *detergency* sudah tidak ada maka kotoran akan membentuk deposit.

4.1.2.4. Logam Cu

- Minyak pelumas baru sesudah pengujian

Kandungan logam Cu pelumas baru setelah pengujian sebesar 0.51 mg.

Sumber logam Cu berasal dari bantalan jalan sebesar 1% berat

yaitu $1/100 \times 0.51 \text{ mg} = 0.0051 \text{ mg}$, torak sebesar 3 % berat yaitu $3/100 \times 0.51 \text{ mg} = 0.0153 \text{ mg}$ dan cincin torak sebesar 96 % berat Yaitu $96/100 \times 0.51 \text{ mg} = 0.4896 \text{ mg}$

- Minyak pelumas bekas treatment sesudah pengujian

Kandungan logam Cu sebelum pengujian sebesar 0.44 mg setelah pengujian menjadi sebesar 1.8 mg berarti terjadi kenaikan sebesar 1.36 mg, sumber logam Cu berasal dari bantalan jalan sebesar 1% berat yaitu $1/100 \times 1.36 \text{ mg} = 0.0136 \text{ mg}$, torak sebesar 3 % berat yaitu $3/100 \times 1.36 \text{ mg} = 0.0408 \text{ mg}$ dan cincin torak sebesar 96 % berat Yaitu $96/100 \times 1.36$

mg = 1.3056 mg, hal ini juga ditunjukkan pada tingkat keausan pada bantalan jalan dan torak.

4.1.2.5. Logam Ni

➤ Minyak pelumas baru sesudah pengujian

Kandungan logam Ni pelumas baru setelah pengujian sebesar 0.46 mg, Sumber logam ini berasal dari bantalan jalan sebesar 1% berat yaitu $1/100 \times 0.46 \text{ mg} = 0.0046 \text{ mg}$, torak sebesar 0,5 % berat yaitu $0,5/100 \times 0.46 \text{ mg} = 0.0023 \text{ mg}$ dan rumah torak sebesar 0,1 % berat Yaitu $0,1/100 \times 0.46 \text{ mg} = 0,00046 \text{ mg}$ sedangkan sisa Ni diperkirakan dari komponen lain.

➤ Minyak pelumas bekas treatment sesudah pengujian

Kandungan logam Ni sebelum pengujian sebesar 0.31 mg setelah pengujian menjadi sebesar 0.75 mg berarti terjadi kenaikan sebesar 0.44 mg, Sumber logam Ni berasal dari bantalan jalan sebesar 1% berat yaitu $1/100 \times 0.44 \text{ mg} = 0.0044 \text{ mg}$, torak sebesar 0,5 % berat yaitu $0,5/100 \times 0.44 \text{ mg} = 0.0022 \text{ mg}$ dan rumah torak sebesar 0,1 % berat Yaitu $0,1/100 \times 0.44 \text{ mg} = 0.00044 \text{ mg}$ sedangkan sisa Ni diperkirakan dari komponen lain.

Berdasarkan perhitungan tersebut diatas kandungan Ni dalam minyak pelumas bekas setelah pengujian lebih sedikit dari pada pelumas baru setelah pengujian, akan tetapi tingkat keausan torak, bantalan jalan dan rumah torak dengan menggunakan pelumas bekas lebih besar dari pada

minyak pelumas baru, sehingga penurunan kandungan logam Ni pada minyak pelumas bekas setelah dipakai pengujian bisa disebabkan terbang pada saat pembakaran atau beremulsi dengan air menjadi endapan lumpur akibat pengaruh proses oksidasi dan korosi.

Proses oksidasi terjadi dikarenakan lapisan minyak pelumas bekas sudah terkontaminasi oleh produk-produk pembakaran tidak sempurna, khususnya lumpur dari motor penggerak sebelumnya, proses oksidasi akan terbentuk dibawah kondisi temperatur yang tinggi dan tersedianya oksigen terbatas secara lokal. Penyebab oksidasi ini juga bisa dikarenakan minyak pelumas yang sudah tidak memiliki sifat stabilitas oksidasi (*oxidation stability*) yang tinggi, sehingga ketika minyak pelumas terbakar hendaknya karbon keras yang ikut terbakar terbentuk sekecil mungkin. Setiap karbon yang dibentuk oleh minyak pelumas akan lebih baik dari jenis yang lunak, dengan demikian tidak menyebabkan abrasi, dan tidak melekat, sehingga sebagian besar akan terbang bersama gas buang. Sedangkan proses korosi dimungkinkan karena sifat *detergency* yang dimiliki minyak pelumas bekas sudah hilang, *detergency* ini berguna untuk menjaga kotoran tetap melayang, jika *detergency* sudah tidak ada maka kotoran akan membentuk deposit

4.1.2.6. Logam Co

- Minyak pelumas baru sesudah pengujian

Kandungan logam Co sebesar 0.09 mg.

- Minyak pelumas bekas treatment sesudah pengujian

Kandungan logam Co sebelum pengujian sebesar 0.08 mg setelah pengujian menjadi 0.9 mg berarti terjadi kenaikan sebesar 0.82 mg, Logam Co ini berasal dari komponen motor diesel selain rumah torak, torak, bantalan jalan dan cincin torak

4.1.2.7. Logam Zn

- Minyak pelumas baru sesudah pengujian

Kandungan logam Zn pada pelumas baru setelah pengujian sebesar 0.94 mg, logam ini berasal dari torak sebesar 1% berat yaitu $1/100 \times 0.94 \text{ mg} = 0.0094 \text{ mg}$, sedangkan sisa Zn diperkirakan dari komponen lain.

- Minyak pelumas bekas treatment sesudah pengujian

Kandungan logam Zn pada pelumas bekas sebelum pengujian sebesar 0.47 setelah pengujian sebesar 9.4 mg, berarti terjadi kenaikan sebesar 8.93 mg, sumber logam ini berasal dari torak sebesar 1% berat yaitu $1/100 \times 8.93 \text{ mg} = 0.0893 \text{ mg}$, sedangkan sisa Zn diperkirakan dari komponen lain.

Berdasarkan perhitungan diatas maka kandungan logam Zn dalam pelumas bekas setelah pengujian lebih banyak dari pada minyak pelumas baru hal ini juga ditunjukkan dengan tingkat keausan pada torak.

Dibawah ini adalah hasil pengujian logam dan kadar air dalam minyak pelumas.

Grafik 4.1 Kandungan logam dan air dalam minyak pelumas bekas treatment sebelum pengujian

Skala 1: 5



Sumber : Penelitian

Grafik 4.2 Kandungan logam dan air dalam minyak pelumas bekas treatment sesudah pengujian

Skala 1: 5



Sumber : Penelitian

Grafik 4.3 Kandungan logam dan air dalam minyak pelumas baru sesudah pengujian

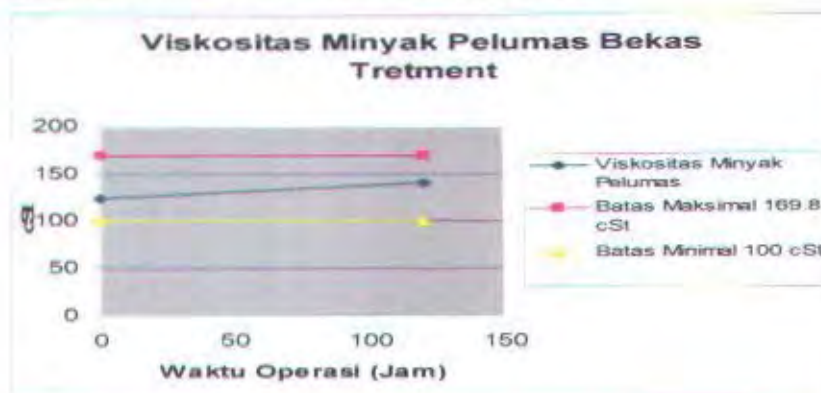
Skala 1: 5



Sumber : Penelitian

4.1.2.8. Viskositas Minyak pelumas

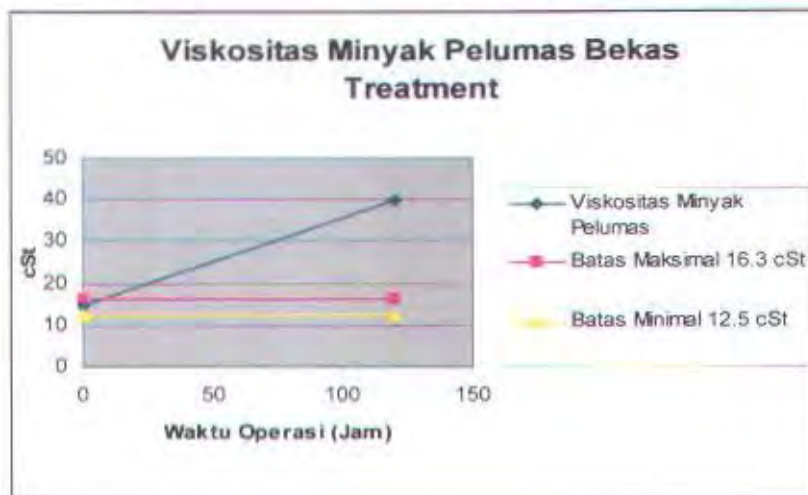
Pada suhu 40°C Viskositas minyak pelumas bekas yang telah ditreatment sebelum pengujian mempunyai viskositas sebesar 122,57 cSt dan setelah pengujian naik menjadi 140.3 cSt. Viskositas pada suhu 40°C masih memenuhi standart SAE yaitu maksimal sebesar 169.8 cSt dan minimal sebesar 100 cSt.

Grafik 4.4 Viskositas Minyak Pelumas Bekas Pada 40°C 

Sumber : Penelitian

Sedangkan pada suhu 100°C sebelum pengujian adalah 14,59 cSt, dan setelah pengujian naik menjadi 39.75 cSt. Viskositas pada suhu 100°C , ini menunjukkan minyak pelumas bekas sudah tidak memenuhi standart SAE yaitu maksimal sebesar 16.3 cSt dan minimal sebesar 12.5 cSt.

Grafik 4.5 Viskositas Minyak Pelumas Bekas Pada 100°C



Sumber : Penelitian

Hal ini diduga disebabkan pada waktu treatment minyak pelumas bekas terjadi pencampuran zat kimia yang berbeda yang dimiliki tiap-tiap minyak pelumas bekas yang berasal dari bengkel. Zat kimia ini mungkin adalah aditif yang digunakan untuk meningkatkan kualitas dari masing-masing minyak pelumas terutama aditif yang berfungsi untuk menjaga kestabilan viskositas terhadap suhu yang tidak beraturan. Pencampuran itu menyebabkan efek pada minyak pelumas bekas treatment yaitu dengan meningkatnya viskositas.

Kenaikan viskositas minyak pelumas bekas yang telah ditreatment tidak dapat dikatakan meningkatkan kualitas minyak pelumas, kenaikan viskositas ini terjadi karena reaksi kimia dari zat aditif yang bisa bereaksi lagi terhadap oksidasi dan hasil pembakaran. Hasil dari reaksi ini dapat berupa pengentalan

dan endapan pada minyak pelumas. Viskositas yang lebih tinggi dari batas maksimal viskositas yang diisyaratkan SAE, akan memberikan dampak terhadap konsumsi bahan bakar motor diesel menjadi lebih besar untuk menggerakkan komponen motor disel dan akan menyebabkan gesekan fluida yang tinggi, sehingga pelumas bisa tidak menyebar secara baik dan cepat untuk membentuk lapisan minyak pelumas yang berkesinambungan, ini akan menghasilkan dinding silinder tetap kering dan menimbulkan keausan yang berat.

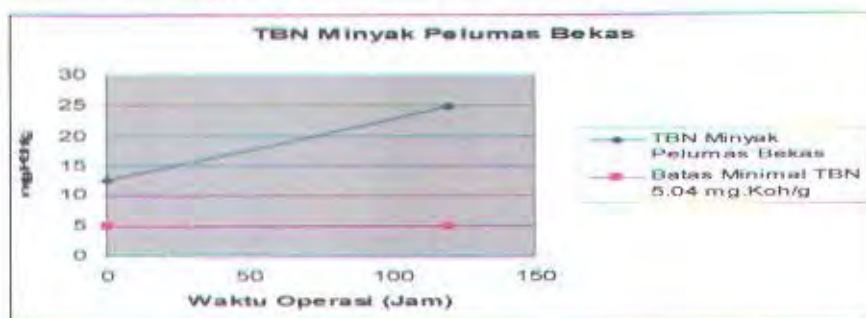
4.1.2.9. Total Base Number (TBN)

Pengujian untuk menentukan nilai total base number (TBN) adalah sangat penting pada analisa umur pakai minyak pelumas motor diesel. Total base number (TBN) merupakan nilai yang menunjukkan jumlah miligram potasium hidroksida dimana mampu untuk menetralkan keasaman yang terjadi pada satu gram minyak pelumas.

Minyak pelumas bekas treatment sebelum pengujian mempunyai nilai TBN sebesar 12,3812 mg.Koh/g sedangkan setelah dioperasikan selama 120 jam nilainya naik menjadi sebesar 24.8 mg.Koh/g . hal ini menunjukkan nilai TBN minyak pelumas bekas masih memenuhi standart SAE yaitu minimal 5.04 mg.Koh/g. Kenaikan nilai TBN pada minyak pelumas bekas yang telah dioperasikan akibat reaksi awal zat aditif terhadap oksidasi hasil pembakaran pada motor diesel, reaksi ini nantinya akan menurunkan nilai dari TBN karena bereaksi untuk menetralsir sifat asam dari oksidasi, penurunan nilai TBN penurunannya tidak boleh kurang dari setengah jumlah nilai awal. Jumlah

TBN yang tinggi pada proses treatment akan menimbulkan timbulnya kerak hitam dinding sebelah dalam frame/crank case, karena senyawa calsium / barium / magnesium akan menempel pada dinding sebelah dalam frame/crank case. TBN yang besar pada minyak pelumas bekas (treatment) karena masih banyaknya zat aditif yang masih berfungsi untuk menetralsir sifat asam pelumas.

Grafik 4.6 TBN Minyak Pelumas Bekas



Sumber : Penelitian

4.2 Analisa Hasil Pengujian Tingkat Keausan komponen Motor Diesel

Berdasarkan buku *Reliability Models* (Dwi Priyanta, Dept. Of Marine Engineering ITS) dijelaskan untuk menganalisa *time to failure* suatu peralatan, analisa dapat menggunakan beberapa teori, diantaranya adalah teori Distribusi Eksponensial, distribusi Weibull, distribusi Gamma, distribusi Normal, dan distribusi Lognormal. Sedangkan pada percobaan ini, analisa *time to failure* yang sesuai adalah teori distribusi eksponensial dengan satu parameter. Perhitungannya secara matematis sebagai berikut:

$$\text{Fungsi kepadatannya} \quad F(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\text{Fungsi kumulatifnya} \quad f(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$\text{Fungsi keandalannya} \quad R(t) = 1 - f(t) = e^{-\lambda t}$$

$$\text{Laju Kerusakan} \quad \lambda(t) = f(t) / R(t)$$

Dimana : λ = parameter

t = Waktu kerusakan komponen

Untuk mendapatkan waktu kerusakan komponen, laju kerusakan komponen harus diketahui terlebih dahulu. Laju kerusakan komponen dapat dicari jika pengujian terhadap komponen dilakukan beberapa kali (sebaiknya minimal 20 kali).

Contoh perhitungan untuk mencari laju kerusakan komponen sebagai berikut:

- Komponen diadakan pengujian sebanyak 20 kali dengan selang waktu pengujian selama 120 jam, sehingga waktu yang dibutuhkan adalah 2400 jam. Dari pengujian ini nantinya didapat kerusakan komponen $f(t)$ sebesar $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{18}, X_{19}, X_{20}$.
- Pengujian pada waktu 120 jam pertama

$$t_1 = 120 \text{ jam}$$

$$f(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$X_1 = 1 - e^{-\lambda 120}$$

Dimana X_1 = Kerusakan komponen

$$X_1 - 1 = - e^{-\lambda 120}$$

$$e^{-\lambda 120} = 1 / (X_1 - 1)$$

$$\lambda = \text{LN}(X_1 - 1)/120$$

$$\lambda_1 = Y_1 \text{ mm/jam}$$

- Pengujian pada waktu 120 jam kedua

$$t_2 = 120 \text{ jam}$$

$$f(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$X_2 = 1 - e^{-\lambda \cdot 120}$$

$$X_2 - 1 = -e^{-\lambda \cdot 120}$$

$$e^{\lambda \cdot 120} = 1/(X_2 - 1)$$

$$\lambda = \text{LN}(X_2 - 1)/120$$

$$\lambda_2 = Y_2 \text{ mm/jam}$$

- Perhitungan dilakukan sampai dengan pengujian ke-20 sehingga didapatkan $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{11}, \lambda_{12}, \lambda_{13}, \lambda_{14}, \lambda_{15}, \lambda_{16}, \lambda_{17}, \lambda_{18}, \lambda_{19}$ dan λ_{20} .

Dari laju kerusakan yang didapat, maka grafik laju kerusakan komponen terhadap waktu akan dapat dibuat, grafik ini bertujuan untuk mencari trend laju kerusakan yang sebenarnya. Setelah didapatkan trend dari laju kerusakan, maka selanjutnya adalah mencari rata-rata dari laju kerusakan. Perhitungan untuk mencari rata-rata laju kerusakan adalah dengan menjumlahkan laju kerusakan pada tiap pengujian dibagi dengan waktu selama pengujian. Kemudian rata-rata laju kerusakan disubstitusikan pada fungsi



kepadatannya, yaitu $F(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ dengan $F(t)$ adalah batas maksimal dari kerusakan komponen yang diuji, sehingga t (waktu) yang dibutuhkan untuk mencari umur komponen dapat dicari.

Berdasarkan ketentuan tersebut maka analisa untuk menentukan *time to failure* dari masing-masing komponen yang diuji dengan menggunakan minyak pelumas baru dan minyak pelumas bekas treatment tidak bisa dilakukan, hal ini disebabkan pengujian hanya dilakukan satu kali yaitu 120 jam untuk minyak pelumas baru dan minyak pelumas bekas treatment. Sehingga analisa yang dapat dilakukan adalah membandingkan tingkat keausan komponen yang menggunakan minyak pelumas baru dengan komponen yang menggunakan minyak pelumas bekas treatment.

Hasil pengukuran tingkat keausan komponen yang menggunakan minyak pelumas baru dan minyak pelumas bekas treatment dapat dilihat pada lampiran B:

4.2.1. Rumah Torak

Tingkat keausan rumah torak menggunakan minyak pelumas baru sebesar 0,11 mm untuk rumah torak bagian depan dan 0,01 mm untuk rumah torak bagian belakang setelah dioperasikan selama 120 jam. Sedangkan tingkat keausan rumah torak menggunakan minyak pelumas bekas treatment sebesar 0,12 mm untuk rumah torak bagian depan dan 0,02 untuk rumah torak bagian belakang. Hal ini menunjukkan tingkat keausan rumah torak (depan) dan rumah torak (belakang) yang menggunakan minyak pelumas bekas treatment lebih tinggi dari pada minyak pelumas baru. Penyebab keausan yang tinggi

pada penggunaan minyak pelumas bekas dikarenakan viskositas minyak pelumas bekas terlalu tinggi atau terlalu berat sehingga gesekan fluida yang ada sangat tinggi, pelumas bisa tidak menyebar secara baik dan cepat untuk membentuk lapisan minyak pelumas yang berkesinambungan, ini akan menghasilkan rumah torak tetap kering dan menimbulkan keausan yang berat. Batas keausan rumah torak dapat dicari dengan menggunakan perhitungan $6/1000$ sampai $8/1000$ dari diameter dalamnya.

Grafik 4.7; Tingkat keausan rumah torak (depan)



Sumber : Penelitian

Grafik 4.8 : Tingkat keausan rumah torak (belakang)



Sumber : Penelitian

4.2.2. Torak

Tingkat keausan torak dengan menggunakan minyak pelumas baru sebesar 0,08 mm untuk torak (depan) dan 0,1 mm torak (belakang) sedangkan untuk torak dengan menggunakan minyak pelumas bekas treatment sebesar 0,12 mm torak (depan) dan 0,13 mm torak (belakang), hal ini menunjukkan tingkat keausan menggunakan minyak pelumas bekas treatment lebih tinggi dari pada minyak pelumas baru. Penyebab keausan yang tinggi pada penggunaan minyak pelumas bekas dikarenakan viskositas minyak pelumas bekas terlalu tinggi atau terlalu berat sehingga gesekan fluida yang ada sangat tinggi, pelumas bisa tidak menyebar secara baik dan cepat untuk membentuk lapisan minyak pelumas yang berkesinambungan, ini akan menghasilkan torak tetap kering dan menimbulkan keausan yang berat.

Untuk komponen torak batas maksimal keausannya tidak ada, tetapi jika rumah torak sudah *over size* maka torak disarankan diganti sesuai persyaratan.

Grafik 4.9 : Tingkat keausan torak (depan)



Sumber : Penelitian

Grafik 4.10 : Tingkat keausan torak (belakang)



Sumber : Penelitian

4.2.3. Bantalan Jalan

Tingkat keausan bantalan jalan dengan menggunakan minyak pelumas baru sebesar 0,05 mm sedangkan untuk bantalan jalan dengan menggunakan minyak pelumas bekas treatment sebesar 0,1 mm, hal ini menunjukkan tingkat keausan menggunakan minyak pelumas bekas treatment lebih tinggi dari pada minyak pelumas baru. Mesin Jiandong menggunakan bantalan jalan tipe sisipan, tipe bantalan ini terdiri dari lapisan baja dan lapisan metal pada bagian dalamnya. Bantalan model ini biasanya terbuat dari metal(logam)putih, kalmet metal atau aluminium. Secara visualisasi tingkat keausan bantalan jalan dengan menggunakan minyak pelumas baru dan minyak pelumas bekas dapat diamati. Pada bantalan jalan yang menggunakan minyak pelumas baru dapat dilihat terdapat goresan halus pada bantalan jalan akan tetapi lapisan logam putihnya masih ada sedangkan pada bantalan jalan yang menggunakan minyak pelumas bekas goresan sudah tampak lebih lebar dan agak dalam sehingga lapisan logam putihnya sudah ada yang terkikis.

Grafik 4.11 : Tingkat keausan bantalan jalan



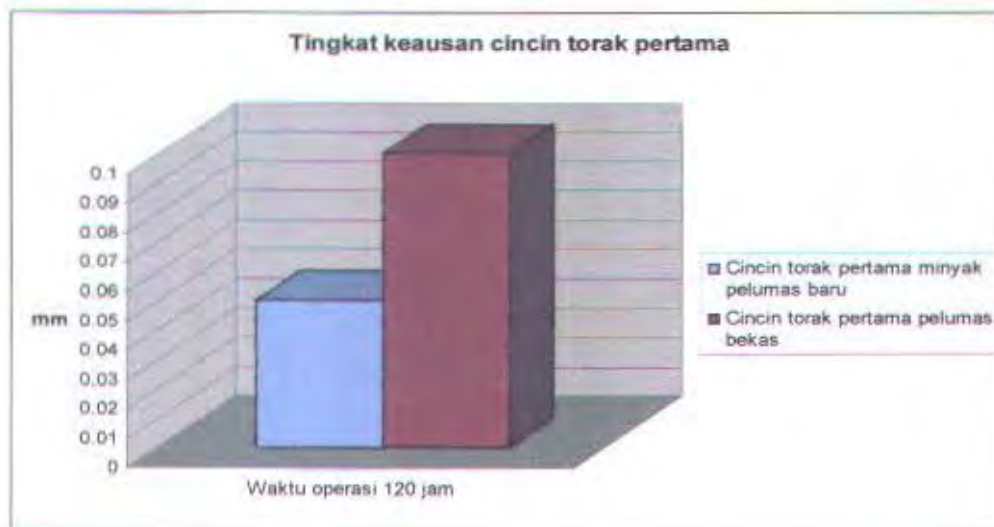
Sumber : Penelitian

4.2.5. Cincin Torak

Konstruksi potongan cincin torak pada motor diesel ada tiga macam: Butt joint, lap joint dan 45 angle joint, motor diesel Jiandong menggunakan celah tipe Butt joint. Tingkat keausan cincin torak dengan menggunakan minyak pelumas baru sebesar 0,05 mm(cincin pertama), 0,05 mm(cincin kedua), 0,05 mm(cincin ketiga), dan 0,05 mm(cincin oli) sedangkan untuk cincin torak dengan menggunakan minyak pelumas bekas treatment sebesar 0,1 mm(cincin pertama), 0,05 mm(cincin kedua), 0,05 mm(cincin ketiga), dan 0,05 mm(cincin oli), hal ini menunjukkan tingkat keausan menggunakan minyak pelumas bekas treatment sama dengan minyak pelumas baru, kecuali cincin torak(pertama) dengan menggunakan minyak pelumas treatment lebih besar dari pada minyak pelumas bekas. Tingginya keausan pada cincin pertama yang menggunakan minyak pelumas bekas bisa disebabkan gesekan yang ada pada cincin ini terlalu besar. Gesekan yang besar ini terjadi dikarenakan tingkat viskositas minyak pelumas bekas terlalu

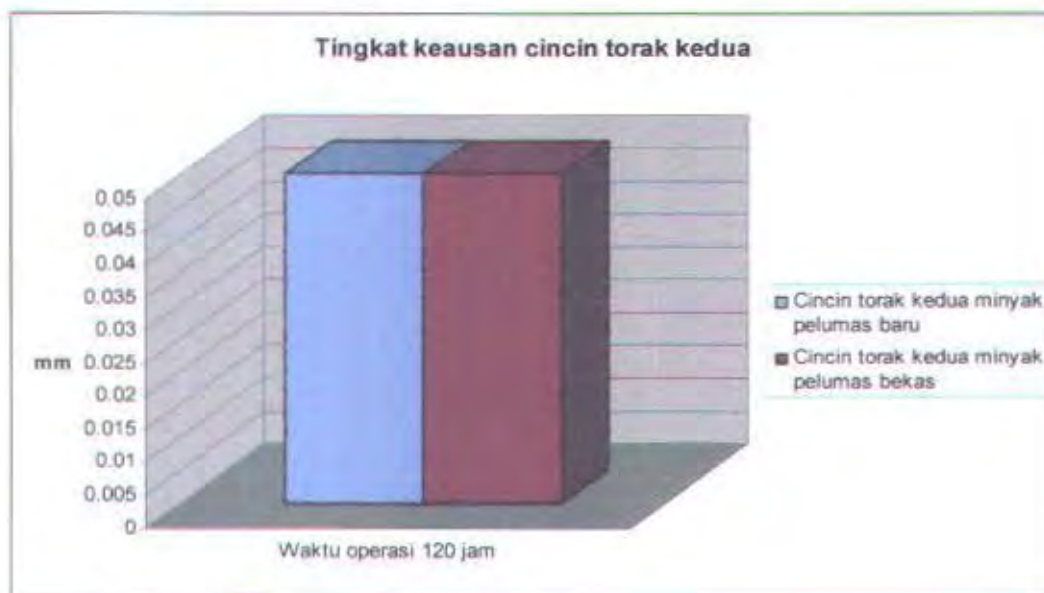
tinggi, lapisan minyak pelumas tidak bisa cepat menyebar untuk melapisi cincin sehingga cincin pertama tetap kering.

Grafik 4.12 : Tingkat keausan cincin torak pertama



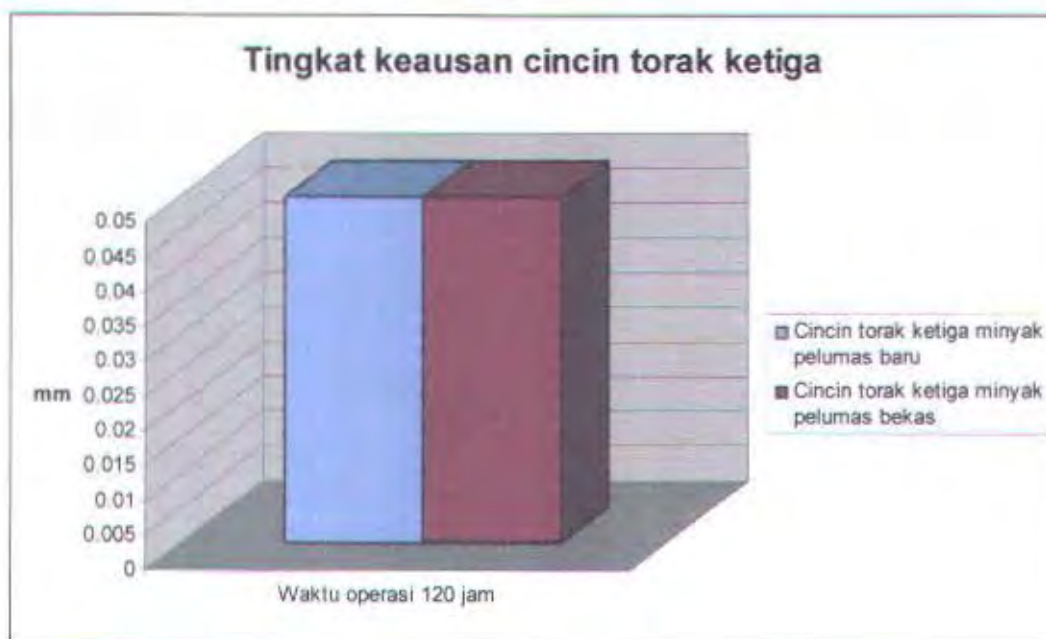
Sumber : Penelitian

Grafik 4.12 : Tingkat keausan cincin torak kedua



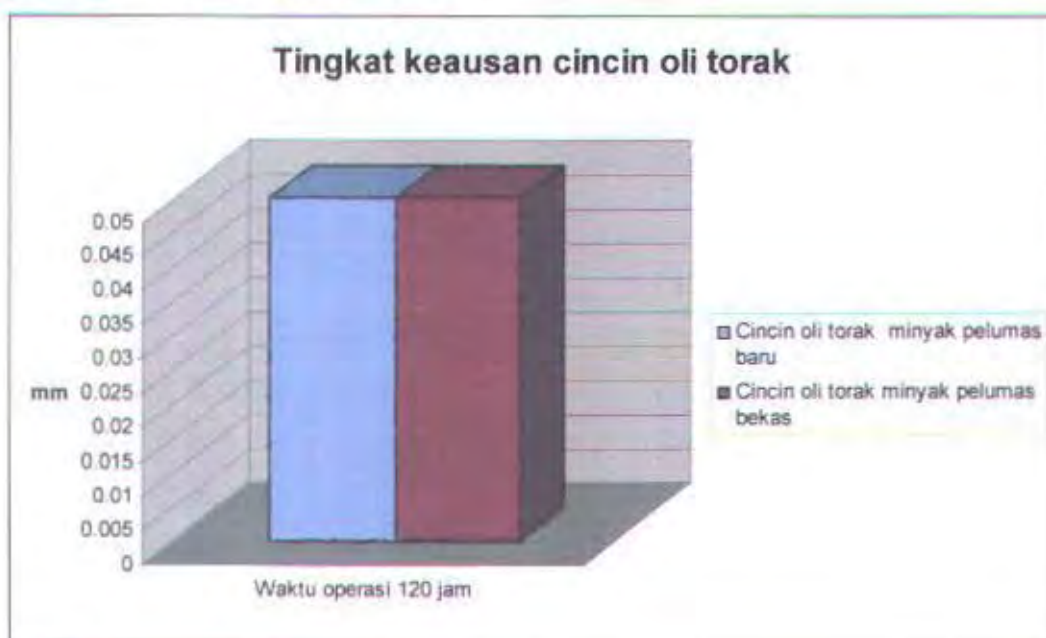
Sumber : Penelitian

Grafik 4.13 : Tingkat keausan cincin torak ketiga



Sumber : Penelitian

Grafik 4.14 : Tingkat keausan cincin oli torak



Sumber : Penelitian

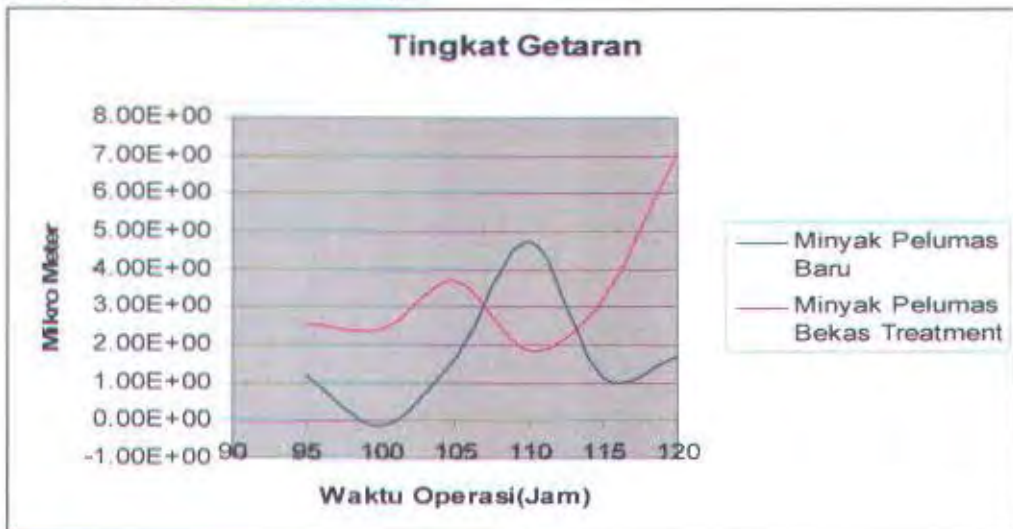
4.3 Hasil Pengujian Getaran Pada Motor Diesel

Pengambilan tingkat getaran dilaksanakan pada jam ke-95 sampai jam ke-120 dengan jarak waktu sebesar 5 jam. Pengambilan dilaksanakan pada jam tersebut diharapkan viskositas minyak pelumas sudah mulai menurun sehingga getaran yang terjadi dapat dibaca dengan jelas. Data hasil pengujian tingkat getaran motor disel dapat dilihat pada lampiran C yaitu rata-rata Amplitudo getaran dari jam ke- 95 sampai 120, untuk minyak pelumas bekas treatment tingkat Amplitudo getaran rata-rata lebih tinggi dari pada pada minyak pelumas baru, baik pada silinder head, atas blok mesin, kanan blok mesin dan bantalan.

Tingkat getaran yang tinggi diakibatkan karena viskositas minyak pelumas bekas treatment terlalu tinggi yaitu sebelum pengujian menunjukkan nilai sebesar 122,57 cSt dan setelah pengujian 140.3 cSt pada suhu 40 °C sedangkan pada suhu 100^o C menunjukkan nilai sebesar 14,59 cSt sebelum pengujian dan setelah pengujian menjadi 39.75 cSt. Padahal sebenarnya viskositas minyak pelumas akan menurun dengan adanya kenaikan temperatur. Viskositas yang terlalu tinggi menyebabkan pelumas bisa tidak menyebar secara baik dan cepat untuk membentuk lapisan minyak pelumas yang berkesinambungan, penyebaran pelumas yang tidak baik dan cepat akan menyebabkan komponen tidak terlindungi minyak pelumas, sehingga gesekan yang timbul dari komponen motor diesel sangat besar tidak sama dengan gesekan yang timbul dari komponen motor diesel yang menggunakan minyak pelumas baru. Faktor getaran ini akan memberikan pengaruh terhadap performance dari motor diesel.

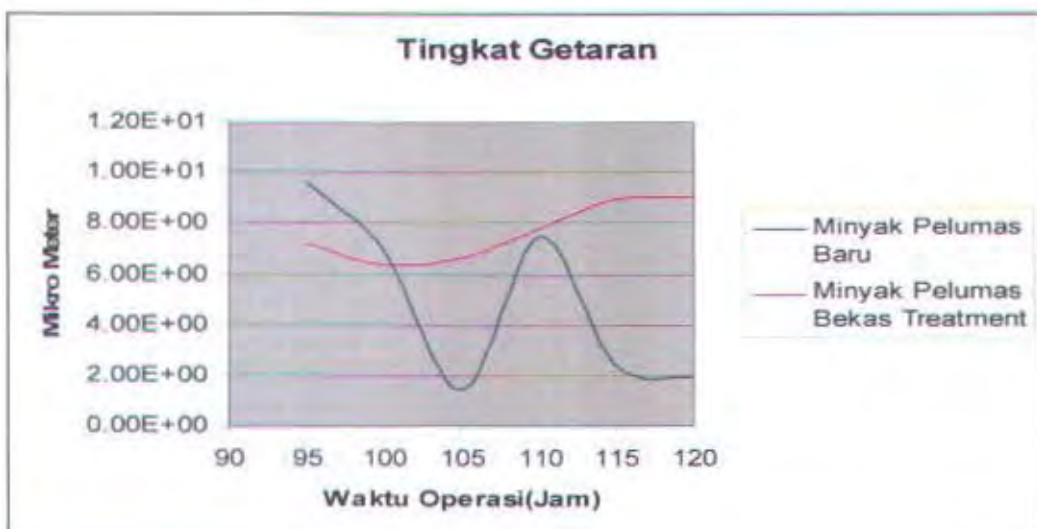
Motor diesel yang menggunakan minyak pelumas bekas mempunyai tingkat getaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan motor diesel yang menggunakan minyak pelumas baru.

Grafik 4.15. Getaran Pada Silinder Head



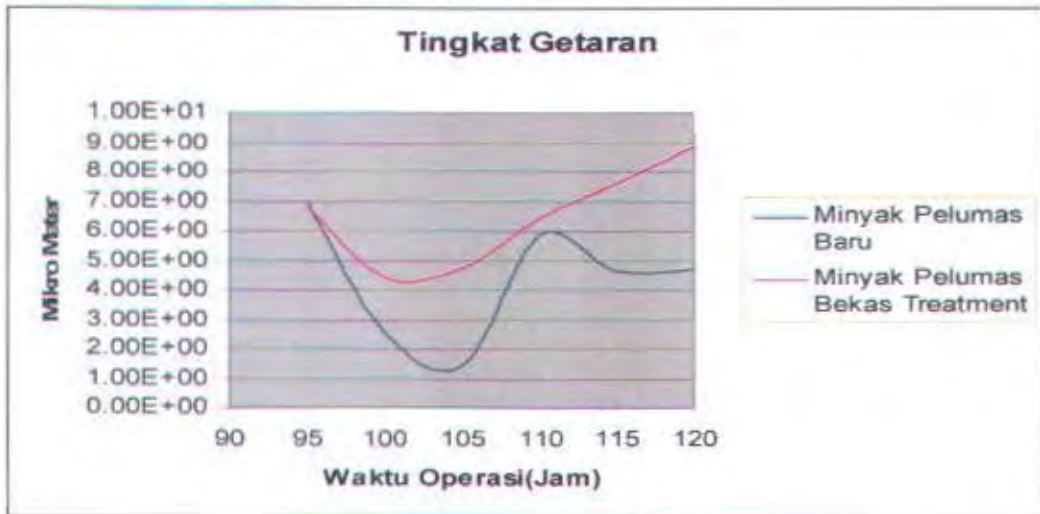
Sumber : Penelitian

Grafik 4.16. Getaran Pada Atas Blok Mesin



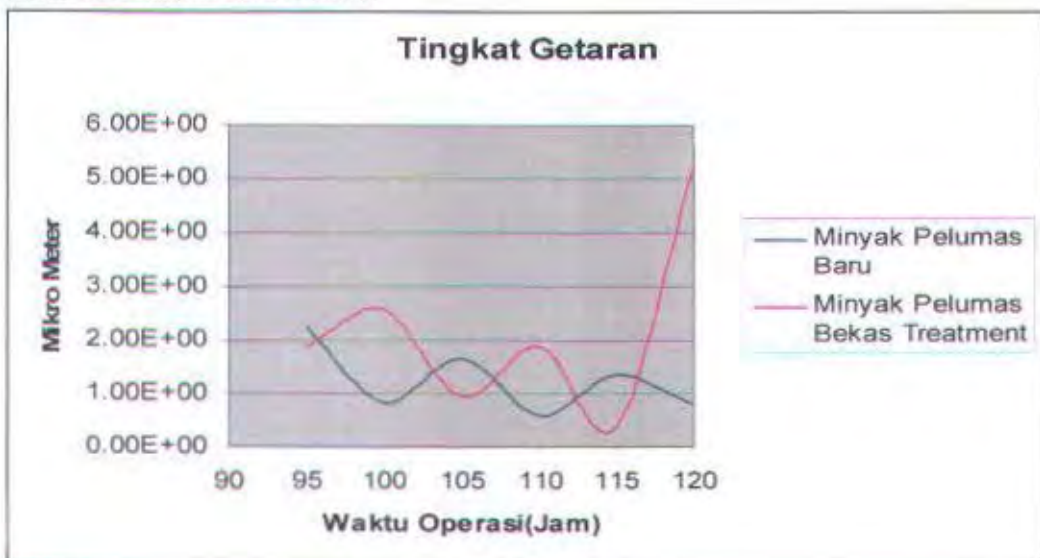
Sumber : Penelitian

Grafik 4.17. Getaran Pada Kanan Blok Mesin



Sumber : Penelitian

Grafik 4.17. Getaran Pada Bantalan



Sumber : Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kandungan logam yang ada dalam minyak pelumas baru setelah pengujian yaitu : Fe sebesar 1.19 mg/Kg; Al sebesar 0,09 mg/Kg; Cr sebesar 0,76 mg/Kg; Cu sebesar 0,51 mg/Kg; Ni sebesar 0,46 mg/Kg; Co sebesar 0,09 mg/Kg; Zn sebesar 0,94 mg/Kg dan Kadar air 0,3249 % w.

Untuk kandungan logam dan kadar air minyak pelumas bekas treatment sebelum dan sesudah pengujian yaitu : Fe sebesar 1,01 mg/Kg menjadi 0,8 mg/Kg terjadi penurunan sebesar 0,21 mg/Kg; Al sebesar 0,06 mg/Kg menjadi 0,7 mg/Kg terjadi kenaikan sebesar 0,64 mg/Kg; Cr sebesar 0,53 mg/Kg menjadi 0,9 mg/Kg terjadi kenaikan sebesar 0,37 mg/Kg; Cu sebesar 0,44 mg/Kg menjadi 1,8 mg/Kg terjadi kenaikan sebesar 1,36 mg/Kg; Ni sebesar 0,31 menjadi 7,5 mg/Kg terjadi kenaikan sebesar 7,19 mg/Kg; Co sebesar 0,08 mg/Kg menjadi 0,9 mg/Kg terjadi kenaikan sebesar 0,82 mg/Kg; Zn sebesar 0,47 mg/Kg menjadi 0,94 mg/Kg terjadi kenaikan sebesar 0,47 mg/Kg dan Kadar air 0,3249 % w menjadi 0,5001 % w.

Viskositas pada suhu 40⁰ C minyak pelumas bekas treatment sebelum pengujian 122,57 cSt dan setelah pengujian 140.3 cSt sedangkan pada suhu 100⁰ C menunjukkan nilai sebesar 14,59 cSt sebelum pengujian dan setelah pengujian menjadi 39.75 cSt. TBN minyak pelumas bekas treatment 24,8 mg.Koh/g.

Kandungan logam dalam minyak pelumas yang berupa kadar Fe, Al, Cr, Cu, Ni, Co, Zn dan kadar air yang melebihi batas yang disyaratkan oleh pabrik mesin dan SAE dapat merusak komponen motor diesel yang dilumasi.

Dari hasil uji laboratorium dapat dikatakan bahwa minyak pelumas bekas yang dijual didesa weru tidak layak dipergunakan lagi.

Berdasarkan hasil pengujian kinerja motor diesel diperoleh data yang menunjukan bahwa Tingkat keausan komponen motor diesel menggunakan minyak pelumas bekas treatment lebih besar dibandingkan dengan menggunakan minyak pelumas baru mesran B-40.

2. Pengujian terhadap tingkat getaran motor disel menunjukkan bahwa tingkat getaran motor diesel menggunakan minyak pelumas bekas treatment lebih besar dari pada minyak pelumas baru.

5.2 Saran

1. Diadakannya penyuluhan kepada nelayan desa Weru Paciran Lamongan tentang pengaruh kandungan logam dalam minyak pelumas terhadap umur komponen dan getaran motor diesel.
2. Diadakan pengujian terhadap tingkat keausan lebih lanjut sampai beberapa kali (20 kali) sehingga didapat laju keausan komponen motor diesel yang lebih akurat, yang nantinya berguna dalam menentukan umur komponen motor diesel.
3. Dilakukan penelitian lebih lanjut dan mendalam tentang proses daur ulang minyak pelumas bekas yang dilakukan nelayan untuk nantinya dapat memberikan masukan teknis, sehingga kualitas karakteristik

minyak pelumas hasil daur ulang masih memenuhi batas yang
disyaratkan oleh pabrik mesin dan SAE.

DAFTAR PUSTAKA

Anton L. Ir, 1985, *Fungsi Minyak Lumas pada Mesin*, Lembaran publikasi LEMIGAS no.4/1985.

Anton L. Ir, 1996, *Pelumas Bekas dan Permasalahannya*, Majalah Pertambangan dan Energi NO.3/XX/1996.

Colin R. Ferguson, 1973, *Internal Combustion Engine and Air Pollution*, USA.

Dwi Priyanta, Dept. Of Marine Engineering ITS, *Reliability Models*

Edward F. Obert, 1986, *Internal Combustion Engine, Applied Therosciences*, Singapore.

E. Karyanto, *Panduan Reparasi Mesin Diesel*, Cetakan kedua, 2002, Penerbit Pedoman Ilmu Jaya.

Kursus Dasar Mesin Diesel Aplikasi Mariene, Maret 2004, Lab. Motor Bakar Dalam (FTK-ITS) dan IMAREST INDONESIA (INTERNATIONAL MARINE ENGINEER SOCIETY).

Moh. Aini Nuggroho, 2004, *Kajian Teknis Pemakaian Minyak Pelumas Bekas Pada Motor Diesel Nelayan Desa Weru Paciran Lamongan*.

Operation Manual Diesel Engine Dongfeng, The People's Republic Of China.

Pallawangau La Puppung, Ir, 1985, *Pelumas untuk Motor Diesel*, Lembaran publikasi LEMIGAS NO.3/1985.

Subiyanto, 1989, *Jenis-jenis Logam yang terdapat dalam Minyak Lumas Bekas dan Sumber Asalnya*, Lembaran Publikasi LEMIGAS NO.1/1989.

V. L. Maleev, M. E., DR. A. M, 1986, *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*.

Wiranto Arismunandar dan Koichi Tsuda, 1975, *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Penerbit Pradnya Paramita, 1976.

KANDUNGAN LOGAM DALAM MINYAK PELUMAS

- **Minyak pelumas bekas treatment**

Pengujian kandungan logam dalam minyak bekas treatment harus dilakukan yang nantinya hasil dari pengujian tersebut sebagai parameter pengurangan kandungan minyak pelumas bekas treatment sesudah percobaan, sehingga dapat dibandingkan dengan minyak pelumas baru sesudah percobaan.

Tabel: Kandungan logam dan kadar air minyak pelumas bekas sebelum pengujian

| NO | PARAMETER | HASIL | METODE |
|----|-----------------|--|--------|
| | | Minyak Pelumas Bekas sebelum percobaan | ASTM |
| 1 | Kadar Air (% w) | 0.3249 | D-1744 |
| 2 | Fe (mg/kg) | 1.01 | |
| 3 | Al (mg/kg) | 0.06 | |
| 4 | Cr (mg/kg) | 0.53 | |
| 5 | Cu (mg/kg) | 0.44 | D-3605 |
| 6 | Ni (mg/kg) | 0.31 | |
| 7 | Co (mg/kg) | 0.08 | |
| 8 | Zn (mg/kg) | 0.47 | |

Sumber : Data Penelitian

Tabel: Kandungan logam dan kadar air minyak pelumas bekas sesudah pengujian

| NO | PARAMETER | HASIL | METODE |
|----|-------------------------|--|------------|
| | | Minyak Pelumas Bekas sesudah percobaan | ASTM |
| 1 | Kadar Air (% w) | 0.5001 | Gravimetri |
| 2 | Fe (mg/kg) | 0.8 | D-3605 |
| 3 | Al (mg/kg) | 0.7 | |
| 4 | Cr (mg/kg) | 0.9 | |
| 5 | Cu (mg/kg) | 1.8 | |
| 6 | Ni (mg/kg) | 7.5 | |
| 7 | Co (mg/kg) | 0.9 | |
| 8 | Zn (mg/kg) | 9.4 | |
| 9 | TBN (mg KOH/gr) | 24.8 | D-2896 |
| 10 | Viskositas 40° F (cst) | 140.3 | D-445 |
| 11 | Viskositas 100° F (cst) | 39.75 | D-445 |

Sumber : Data Penelitian

- **Sumber logam dalam minyak pelumas bekas treatment sesudah pengujian**

Kandungan logam yang ada dalam minyak pelumas dapat dicari dari mana sumber asalnya dengan cara memperhatikan komposisi bahan dari komponen motor diesel.

| Logam | Al (mg/Kg) | Cu (mg/Kg) | Ni (mg/Kg) | Cr (mg/Kg) | Zn (mg/Kg) | Fe (mg/Kg) |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Bantalan Jalan | 0.608 | 0.0136 | 0.0044 | | | |
| Rumah Torak | | | 0.00044 | | | |
| Torak | | 0.0408 | 0.0022 | | 0.0894 | |
| Cincin Torak | | 1.3056 | | 0.36 | | |

Pada logam Fe tidak dapat di prediksi sampai sejauh mana keausan logam Fe karena kandungan logam Fe sebelum pengujian lebih besar dari pada setelah pengujian, akan tetapi keausan komponen sebagai sumber logam Fe dapat dilihat pada analisa terhadap keausan komponen motor diesel.

- **Minyak pelumas baru**

Pengujian Kandungan logam dan kadar air pada minyak pelumas baru setelah pengujian harus dilakukan, supaya hasil yang didapat pada saat pengujian dapat dibandingkan dengan minyak pelumas bekas treatment.

Tabel: Kandungan logam dan kadar air minyak pelumas baru setelah pengujian pengujian

| NO | PARAMETER | HASIL | METODE |
|----|-----------------|---------------------------------------|--------|
| | | Minyak Pelumas Baru setelah pemakaian | ASTM |
| 1 | Kadar Air (% w) | 0.3215 | D-1744 |
| 2 | Fe (mg/kg) | 1.19 | |
| 3 | Al (mg/kg) | 0.09 | |
| 4 | Cr (mg/kg) | 0.76 | |
| 5 | Cu (mg/kg) | 0.51 | D-3605 |
| 6 | Ni (mg/kg) | 0.46 | |
| 7 | Co (mg/kg) | 0.09 | |
| 8 | Zn (mg/kg) | 0.94 | |

Sumber : Data Penelitian

- **Sumber logam dalam minyak pelumas baru sesudah pengujian**

Kandungan logam yang ada dalam minyak pelumas dapat dicari dari mana sumber asalnya dengan cara memperhatikan komposisi bahan dari komponen motor diesel.

| Logam | Al (mg/Kg) | Cu (mg/Kg) | Ni (mg/Kg) | Cr (mg/Kg) | Zn (mg/Kg) | Fe (mg/Kg) |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Bantalan Jalan | 0.0855 | 0.0051 | 0.0046 | | | |
| Rumah Torak | | | 0.00046 | | | |
| Torak | | 0.0153 | 0.0023 | | 0.0094 | 0.0119 |
| Cincin Torak | | 0.4896 | | 0.76 | | 1.1781 |

Tabel: Karakteristik minyak pelumas baru B Series

| Karakteristik Minyak Pelumas Mesran B Series | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|
| No SAE | 10W | 30 | 40 | 50 |
| Specific Gravity, 15/4 °C | 0,8819 | 0,8899 | 0,8961 | 0,8988 |
| Visc. Kinematic, at 40 °C, cSt | 39,37 | 89,20 | 146,70 | 238,91 |
| Visc. Kinematic, at 100 °C, cSt | 6,28 | 10,84 | 14,42 | 19,94 |
| Viscosity Index | 107 | 106 | 96 | 96 |
| Colour, ASTM | 5,0 | 5,0 | 5,5 | 5,5 |
| Flash Point, COC, - C | 138 | 242 | 244 | 245 |
| Pour Point, °C | -33 | -18 | -15 | -9 |
| TBN, mg KOH/gr | 10,08 | 10,08 | 10,08 | 10,08 |

Sumber: Aini Nuggroho, 2004

Tabel: Karakteristik minyak pelumas baru dan bekas setelah dioperasikan.

| No | Karakteristik | Pelumas Baru Telah Dioperasikan | Pelumas Bekas (Treatment) | Pelumas Bekas (Treatment) Telah Dioperasikan | Metode |
|-----|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--|------------------|
| 1. | Berat jenis | 0,8911 | 0,8312 | 0,8982 | Piknometri |
| 2. | Viskositas 40 ⁰ C (Cst) | 87,52 | 122,57 | 192,25 | Viskosimetri |
| 3. | Viskositas 100 ⁰ C(Cst) | 13,56 | 14,59 | 14,4 | Viskosimetri |
| 4. | Fe ₂ O ₃ (%) | 0,009 | 0,015 | 0,040 | Kolorimetri |
| 5. | Kadar Abu (%) | 0,82 | 0,82 | 1,20 | Gravimetri |
| 6. | Titik Nyala (⁰ C) | 220 | 210 | 230 | Penyalaan |
| 7. | Titik Tuang (⁰ C) | -4 | -2 | -3 | Pembekuan |
| 8. | Pb (%) | 0,0 | 18,60 | 17,39 | Spektrofotometri |
| 9. | TBN (mg.KOH/g) | 11,0031 | 12,3812 | 11,1143 | ASTM D-974 |
| 10. | TAN (mg.KOH/g) | 1,3079 | 0,70 | 0,89 | Titrimetri |
| 11. | Zat Tak Larut Benzena (%) | 0,21 | 0,48 | 0,41 | Gravimetri |

Sumber: Aini Nuggroho, 2004

Hasil pengukuran komponen motor diesel

Pengukuran terhadap komponen motor diesel dilakukan sebelum dan sesudah pengujian yang nanti selisih hasil pengukuran dijadikan sebagai parameter tingkat keausan.



Gambar: Tempat pengukuran diameter komponen motor diesel

- Minyak pelumas baru

| Komponen | Diameter | | | |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Sebelum pengujian | titik 1 | titik 2 | titik 3 | titik 4 |
| Rumah Bantalan Jalan | 70,01 mm | 69,94 mm | 69,99 mm | 70,01 mm |
| Bantalan Jalan | 2, 60 mm | 2, 60 mm | 2, 60 mm | 2, 60 mm |
| Torak (Depan) | 99,34 mm | 99,34 mm | 99,40 mm | 99,39 mm |
| Torak (Belakang) | 99,80 mm | 99,75 mm | 99,60 mm | 99,73 mm |
| Rumah Torak (Depan) | 99,85 mm | 99,85 mm | 99,90 mm | 99,92 mm |
| Rumah Torak (Belakang) | 99,95 mm | 99,93 mm | 99,95 mm | 99,94 mm |
| Poros Engkol | 65.07 mm | 65.06 mm | 65.07 mm | 65.07 mm |
| Celah Alur Cincin Torak Pertama | 0.05 mm | 0.05 mm | 0.05 mm | 0.05 mm |

| Komponen | Diameter | | | |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Setelah pengujian | titik 1 | titik 2 | titik 3 | titik 4 |
| Rumah Bantalan Jalan | 70,01 mm | 69,95 mm | 69,99 mm | 70,01 mm |
| Bantalan Jalan | 2,55 mm | 2,55 mm | 2,55 mm | 2,50 mm |
| Torak (Depan) | 99,29 mm | 99,27 mm | 99,32 mm | 99,28 mm |
| Torak (Belakang) | 99,70 mm | 99,70 mm | 99,60 mm | 99,68 mm |
| Rumah Torak (Depan) | 99,97 mm | 99,97 mm | 99,96 mm | 99,99 mm |
| Rumah Torak (Belakang) | 99,96 mm | 99,95 mm | 99,96 mm | 99,97 mm |
| Poros Engkol | 65.07 mm | 65.06 mm | 65.07 mm | 65.07 mm |
| Celah Alur Cincin Torak Pertama | 0.05 mm | 0.05 mm | 0.05 mm | 0.05 mm |

Hasil pengukuran selisih antara komponen sebelum dan sesudah pengujian.

| Minyak Pelumas Baru | Tingkat Keausan (mm) |
|---------------------------------|----------------------|
| Rumah Bantalan Jalan | 0.01 |
| Bantalan Jalan | 0.05 |
| Torak (Depan) | 0.08 |
| Torak (Belakang) | 0.1 |
| Rumah Torak (Depan) | 0.11 |
| Rumah Torak (Belakang) | 0.01 |
| Celah Alur Cincin Torak Pertama | 0 |

| Komponen | Jarak celah ring baru mm | Jarak celah ring setelah Pemakaian mm |
|----------------------|-----------------------------|--|
| Cincin Torak pertama | 0.45 | 0.5 |
| Cincin Torak kedua | 0.3 | 0.35 |
| Cincin Torak ketiga | 0.3 | 0.35 |
| Cincin Torak oli | 0.3 | 0.35 |

• Minyak pelumas bekas treatment

| Komponen | Diameter | | | |
|---------------------------------|----------|-----------|----------|----------|
| Sebelum pengujian | titik 1 | titik 2 | titik 3 | titik 4 |
| Rumah Bantalan Jalan | 69.40 mm | 69.98 mm | 69.99 mm | 70.00 mm |
| Bantalan Jalan | 2, 60 mm | 2, 60 mm | 2, 60 mm | 2, 60 mm |
| Torak (Depan) | 99.55 mm | 99.55 mm | 99.45 mm | 99.48 mm |
| Torak (Belakang) | 99.55 mm | 99, 65 mm | 99,60 mm | 99,60 mm |
| Rumah Torak (Depan) | 99,80 mm | 99,82 mm | 99,82 mm | 99,81 mm |
| Rumah Torak (Belakang) | 99,93 mm | 99,93 mm | 99,95 mm | 99,93 mm |
| Poros Engkol | 65.07 mm | 65.06 mm | 65.07 mm | 65.07 mm |
| Celah Alur Cincin Torak Pertama | 0.05 mm | 0.05 mm | 0.05 mm | 0.05 mm |

| Komponen | Diameter | | | |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | titik 1 | titik 2 | titik 3 | titik 4 |
| Setelah pengujian | | | | |
| Rumah Bantalan Jalan | 69.42 mm | 70.00 mm | 69.50 mm | 70.00 mm |
| Bantalan Jalan | 2,50 mm | 2,45 mm | 2,50 mm | 2,50 mm |
| Torak (Depan) | 99.42 mm | 99.43 mm | 99.42 mm | 99.42 mm |
| Torak (Belakang) | 99.45 mm | 99.45 mm | 99,52 mm | 99.50 mm |
| Rumah Torak (Depan) | 99.92 mm | 99.95 mm | 99.93 mm | 99.95 mm |
| Rumah Torak (Belakang) | 99.95 mm | 99.95 mm | 99,96 mm | 99.95 mm |
| Poros Engkol | 65.07 mm | 65.06 mm | 65.07 mm | 65.07 mm |
| Celah Alur Cincin Torak Pertama | 0.05 mm | 0.05 mm | 0.05 mm | 0.05 mm |

Hasil pengukuran selisih antara komponen sebelum dan sesudah pengujian.

| Minyak Pelumas Bekas | Tingkat Keausan (mm) |
|---------------------------------|----------------------|
| Rumah Bantalan Jalan | 0.02 |
| Bantalan Jalan | 0.1 |
| Torak (Depan) | 0.12 |
| Torak (Belakang) | 0.13 |
| Rumah Torak (Depan) | 0.12 |
| Rumah Torak (Belakang) | 0.02 |
| Celah Alur Cincin Torak Pertama | 0 |

| Komponen | Jarak celah ring baru | Jarak celah ring setelah Pemakaian |
|----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | mm | mm |
| Cincin Torak pertama | 0.40 | 0.5 |
| Cincin Torak kedua | 0.3 | 0.35 |
| Cincin Torak ketiga | 0.3 | 0.35 |
| Cincin Torak oli | 0.3 | 0.35 |

HASIL PENGUKURAN GETARAN MOTOR DIESEL

Pengukuran getaran terhadap motor diesel dilakukan pada masing-masing jenis minyak pelumas, pengujian dilakukan supaya tingkat getaran pada masing-masing minyak diketahui.

| Jam Ke- | Rata-Rata Getaran | |
|---------|---------------------|--------------------------------|
| | Silinder Head | |
| | Minyak Pelumas Baru | Minyak pelumas Bekas Treatment |
| 95 | 1.18E+00 | 2.56E+00 |
| 100 | -1.14E-01 | 2.42E+00 |
| 105 | 1.62E+00 | 3.71E+00 |
| 110 | 4.73E+00 | 1.86E+00 |
| 115 | 1.14E+00 | 3.25E+00 |
| 120 | 1.66E+00 | 7.11E+00 |

| Jam Ke- | Rata-Rata Getaran | |
|---------|---------------------|--------------------------------|
| | Atas Blok Mesin | |
| | Minyak Pelumas Baru | Minyak pelumas Bekas Treatment |
| 95 | 9.61E+00 | 7.18E+00 |
| 100 | 6.94E+00 | 6.37E+00 |
| 105 | 1.43E+00 | 6.67E+00 |
| 110 | 7.48E+00 | 7.81E+00 |
| 115 | 2.37E+00 | 8.98E+00 |
| 120 | 1.94E+00 | 9.03E+00 |

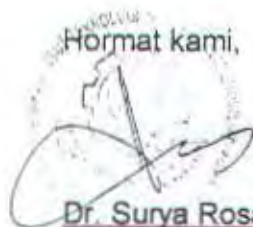
| Jam Ke- | Rata-Rata Getaran | |
|---------|---------------------|--------------------------------|
| | Kanan Blok Mesin | |
| | Minyak Pelumas Baru | Minyak pelumas Bekas Treatment |
| 95 | 7.00E+00 | 6.78E+00 |
| 100 | 2.56E+00 | 4.48E+00 |
| 105 | 1.43E+00 | 4.75E+00 |
| 110 | 5.91E+00 | 6.46E+00 |
| 115 | 4.63E+00 | 7.59E+00 |
| 120 | 4.70E+00 | 8.93E+00 |

| Jam Ke- | Rata-Rata Getaran | |
|---------|---------------------|--------------------------------|
| | Bantalan | |
| | Minyak Pelumas Baru | Minyak pelumas Bekas Treatment |
| 95 | 2.22E+00 | 1.89E+00 |
| 100 | 8.12E-01 | 2.56E+00 |
| 105 | 1.66E+00 | 9.54E-01 |
| 110 | 5.92E-01 | 1.88E+00 |
| 115 | 1.35E+00 | 3.62E-01 |
| 120 | 7.90E-01 | 5.26E+00 |

Kepada Yth. :
Khusnul Khuluqi
Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan
FTK – ITS
di,
Tempat

| <u>LAPORAN ANALISA</u> | | Nomor : 170/LKIT/IV/2004 | | |
|--|-----------------|-------------------------------|--------|--------|
| Hal : Analisa Pelumas Mesran SAE B.40 | | Tanggal : 20 April 2004 | | |
| | | Metode acuan : ASTM | | |
| | | Diteliti oleh : Hendro Juwono | | |
| Tanggal diterima sampel 14-04-2004 | | | | |
| No | Parameter | Hasil | | Metode |
| | | A | B | |
| 1 | Kadar Air (% w) | 0,3215 | 0,3249 | D-1744 |
| 2 | Fe (mg/kg) | 1,19 | 1,01 | D-3605 |
| 3 | Al (mg/kg) | 0,09 | 0,06 | |
| 4 | Cr (mg/kg) | 0,76 | 0,53 | |
| 5 | Cu (mg/kg) | 0,51 | 0,44 | |
| 6 | Ni (mg/kg) | 0,46 | 0,31 | |
| 7 | Co (mg/kg) | 0,09 | 0,08 | |
| 8 | Zn (mg/kg) | 0,94 | 0,47 | |

Hormat kami,



Dr. Surya Rosa Putra, MS
Kepala Laboratorium

Kepada Yth. :
Khusnul Khuluqi
Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan
FTK – ITS
di,
Tempat

| LAPORAN ANALISA | | Nomor | : 198/LKIT/VI/2004 |
|---|--|----------------|--------------------|
| Hal : Analisa Minyak Pelumas Bekas | | Tanggal | : 29 Juni 2004 |
| | | Metode acuan | : ASTM |
| | | Diteliti oleh | : Hendro Juwono |
| Tanggal diterima sampel 25-06-2004 | | | |
| No | Parameter | Hasil | Metode |
| 1 | TBN (mg KOH/gr) | 24,8 | D-2896 |
| 2 | Viskositas 40 °F (cSt) 100 °F (cSt) | 140,3 39,75 | D-445 |
| 3 | Fe (mg/kg) | 0,8 | D-3605 |
| 4 | Al (mg/kg) | 0,7 | |
| 5 | Cr (mg/kg) | 0,9 | |
| 6 | Cu (mg/kg) | 1,8 | |
| 7 | Ni (mg/kg) | 7,5 | |
| 8 | Co (mg/kg) | 0,9 | |
| 9 | Zn (mg/kg) | 9,4 | |



Hormat kami,

Dr. Surya Rosa Putra, MS
Kepala Laboratorium



JURUSAN TEKNIK KIMIA FTI - ITS
TEAM AFILIASI DAN KONSULTASI INDUSTRI

KAMPUS ITS, SUKOLILO - SURABAYA, TELP. 5922935 FAX. (031) 5999282

KETERANGAN HASIL ANALISA


No.8110/LTAKI/VII/2004

Terima dari : Sdr. Kusnul Kuluki
Mhs. Jur. Teknik Perkapalan FTK - ITS
SURABAYA.
Jenis contoh : Oli
Diterima tgl. : 2 Juli 2002

| Parameter | Hasil analisa | Metode |
|------------------|---------------|------------|
| Water content ,% | 0,5001 | Gravimetri |

Keterangan Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima.

Surabaya, 9 Juli 2004



Ir. Hediyo Ismarwanto, MT.
Kepala Laboratorium TAKI.

